Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 5, Dec- Jan 2022, p. 657-679

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۱ ص.۶۷۹-۶۵۷

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Full Research Paper

Encapsulation of aqueous extract of *Arctium lappa L.* root and study its effect on physicochemical and functional properties of Synbiotic orange-carrot juice

Farzaneh Esmaeili[1], Mahnaz Hashemiravan[1*], Mohammad Reza Eshaghi[1], Hassan Gandomi[2]

Received: 2021.10.24
Revised: 2021.11.29
Accepted: 2021.12.08
Available Online: 2021.12.08

How to cite this article:
Esmaeili, F., Hashemiravan, M., Eshaghi, M. R., Gandomi, H. (2022). Encapsulation of aqueous extract of *Arctium lappa* L. root and study its effect on physicochemical and functional properties of Synbiotic orange-carrot juice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 18 (5). 657-679.

Abstract

Introduction: Nowadays, there is a great tendency to consume functional foods, with special medicinal and extranutritional value in addition to basic nutritional properties. Foods containing probiotics and prebiotic compounds are classified in this category. Inulin is a water soluble storage polysaccharide and belongs to a group of non-digestible carbohydrates called fructans. Inulin is naturally present in some flowering plant species such as chicory and burdock root. The amount of inulin in these plants is in the range of 1 to 20% of the weight of the fresh plant. Pharmacological studies report that Burdock root contains significant amounts of the inulin as a prebiotic compounds, also exhibits a wide range of biological activities, specifically antioxidative, anti-inflammatory, and free radical scavenging activities. The aim of this study was to encapsulate the aqueous extract of burdock root and use it in a probiotic drink based on orange-carrot juice.

Material and Method: The Burdock roots were obtained from the local medical plant market, Tehran, Iran. Orange and carrot juice were purchased from Nooshin and Tandis (Food Company, Tehran, Iran) respectively. Maltodextrin and gum Arabic were prepared from Merck, Germany. First, the plant roots were dried to 5.2% moisture and then its aqueous extract was extracted with the help of ultrasonication. Then burdock roots extracts were encapsulated by spray drying (microencapsulation) and freeze drying (nanocapsulation) using maltodextrin and gum Arabic as wall coating agents. Capsule properties including encapsulation efficiency, particle size distribution, moisture, density, structural properties, TPC and antioxidant were determined. Then the encapsulated extracts (at levels of 0.5 and 1%) and free extract were used in the formulation of probiotic orange-carrot juice and its effect on the survival of probiotic bacteria as well as physicochemical and sensory properties of the final product during 30 days in refrigerator (4±0.5 °C) were investigated. All experiments were carried out based on complete randomized design and the results represent the mean of at least three replicates. The data obtained were analyzed by the analysis of variance (ANOVA) using Minitab 16.0 statistical software. Significant differences between means were determined by Duncan's multiple range test at a probability levels of $P \leq 0.05$.

Results and Discussion: The results of encapsulation phase showed that Nanocapsules had higher efficiency and phenolic compounds content than microcapsules. The highest level of efficiency (92.75%) and phenolic compounds (0.385 mg GAE/g) and the smallest capsule particle size (14.33±0.22 µm) were observed in Nanocapsules prepared with gum Arabic. The SEM images showed that the produced capsules in terms of microstructure, had flaky/glassy and angular surfaces and did not have a regular shape. By adding different forms of the extract (free/micro/Nano) to the orange-carrot juice, it was found that its characteristics including viability of probiotics, formalin index, turbidity, viscosity and antioxidant activity were significantly enhanced during cold storage compared to the control ($p<0.05$). During

1. Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.
(*Corresponding Author Email: m_hashemiravan@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.2021.73234.1107

refrigeration, turbidity, acidity and IC50 increased in all treatments, especially in the control sample, while other characteristics (including the viability of probiotic bacteria), showed a decreasing trend. Addition of different forms of burdock root extract did not have an adverse effect on the flavor and odor of the samples, so that, all treatments were acceptable. Therefore, based on the results of this study, it can be stated that encapsulated burdock root extracts, especially in the form of nanocapsulation, can be used to increase the viability of probiotics and enhancement the antioxidant activity of functional foods.

Key words: Functional food, Encapsulation, Burdock root extract, Synbiotic, Formalin index.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 5, Dec- Jan 2022, p. 657-679

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۱ ص.۶۷۹-۶۵۷

مقاله علمی-پژوهشی

انکپسولاسیون عصاره آبی ریشه گیاه باباآدم (*Arctium lappa*) و اثر آن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عملگرایی نوشیدنی سین‌بیوتیک برپایه آب پرتقال- هویج

فرزانه اسمعیلی[1]- مهناز هاشمی روان[2]*- محمد رضا اسحاقی[3]- حسن گندمی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۷

چکیده

هدف از این تحقیق ریزپوشانی عصاره آبی ریشه گیاه باباآدم و استفاده از آن در نوشیدنی پروبیوتیک بر پایه آب پرتقال- هویج بود. برای این منظور ابتدا عصاره ریشه بابا آدم با دو روش میکروکپسولاسیون و نانوکپسولاسیون و با استفاده از دو ترکیب مالتودکسترین و صمغ عربی به‌عنوان پوشش دیواره، ریزپوشانی گردید. سپس عصاره ریزپوشانی شده (در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد) به همراه عصاره آزاد در فرمولاسیون نوشیدنی پروبیوتیک آب پرتقال- هویج استفاده و اثر آن بر زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک و همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی محصول نهایی طی دوره نگهداری ۳۰ روزه در دمای یخچال (۴ ±۰/۵ °C) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مرحله ریزپوشانی نشان داد که نانوکپسول‌ها دارای راندمان و محتوای فنلی بالاتری نسبت به میکروکپسول‌ها بودند (p<۰/۰۵)، بطوریکه بالاترین راندمان (۹۲/۷۵٪) و سطح ترکیبات فنلی (۰/۳۸۵ mgGAE/g) و کوچک‌ترین اندازه ذرات کپسول (۱۴/۳۳ ±۰/۲۲ میکرومتر) در نانوکپسول‌های تهیه‌شده با صمغ عربی مشاهده شد. تصاویر SEM نیز حاکی از این بود کپسول‌های تولیدی از لحاظ ریزساختار، دارای سطوح شیشه‌ای و زاویه‌دار بوده و شکل منظمی ندارند. با افزودن فرم‌های مختلف عصاره ریشه باباآدم به فرمولاسیون نوشیدنی پروبیوتیک آب پرتقال- هویج حاوی ۱۰^۸ CFU/ml باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، مشاهد شد که پارامترهای کیفی از جمله عدد فرمالین، کدورت، ویسکوزیته، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بقاء باکتری‌های پروبیوتیک در نوشیدنی‌ها نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت (p<۰/۰۵). طی دوره نگهداری در یخچال میزان کدورت، اسیدیته و IC50 در همه تیمارها به‌ویژه در نمونه کنترل افزایش یافت در حالی‌که سایرشاخص‌ها از جمله قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک روند کاهشی نشان داد. افزودن فرم‌های مختلف عصاره ریشه باباآدم، تأثیر نامطلوبی بر طعم و بوی نمونه‌ها نداشت به‌طوری که کلیه تیمارها قابل پذیرش بودند. بنابراین، بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان بیان کرد که عصاره ریشه باباآدم، به‌ویژه در قالب نانوکپسول، می‌تواند برای افزایش ماندگاری پروبیوتیک‌ها و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی غذاهای عملگرا طی فرایند تولید و نگهداری مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: غذای عملگرا، عصاره باباآدم، سین‌بیوتیک، ریزپوشانی، عدد فرمالین.

مقدمه

در دنیای صنعتی، مصرف‌کنندگان به‌طور روزافزون به نقش فعال مواد غذایی در سلامت انسان، افزایش طول عمر، پیشگیری از سرطان و جلوگیری از بروز بیماریهای گوارشی علاقمند شده‌اند. در سال‌های اخیر توجه خاصی به تولید غذاهای عملگرا شده است. هدف اصلی از غذاهای عملگرا معرفی میکروارگانیسم‌ها و یا ترکیبات مفید از طریق رژیم غذایی روزانه است (Haghshenas et al., 2015). غذاهای عملگرا آن دسته از مواد غذایی یا اجزاء رژیم غذایی بوده که علاوه بر مواد مغذی نظیر کربوهیدرات، پروتئین، چربی، ویتامین و مواد معدنی اثرات سودمندی نیز بر سلامتی انسان داشته و سبب ارتقاء سلامت و بهبود کیفیت و کمیت زندگی می‌گردد. از جمله این موارد می‌توان به مواد زیست فعال طبیعی مانند پروبیوتیک‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، فیبرهای خوراکی و همچنین اجزای غذایی که به‌طور مصنوعی به مواد غذایی

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد ورامین پیشوا، ورامین، ایران.
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد ورامین پیشوا، ورامین، ایران.
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد ورامین پیشوا، ورامین، ایران.
۴- دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
* - نویسنده مسئول: Email: m_hashemiravan@yahoo.com
DOI: 10.22067/ifstrj.2021.73234.1107

اضافه شده، مانند پری‌بیوتیک‌ها اشاره نمود (Wegerif & Hebinck, 2016).

پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستندکه مصرف منظم و کافی آنها با بهبود خواص میکروبی روده، اثرات سودمندی بر سلامت مصرف کننده می‌گذارد. برای تحقق این آثار سلامتی‌بخش مصرف منظم ۱۰^۷ سلول زنده توصیه می‌گردد (Lebeka et al., 2018). پری‌بیوتیک‌ها ترکیبات الیگوساکاریدی غیرقابل هضمی هستند که اثرات فیزیولوژیکی مفید خود را بر میزبان از طریق تحریک رشد انتخابی پروبیوتیک‌ها اعمال می‌کنند (Shoaib et al., 2016). یک ماده غذایی حاوی پروبیوتیک و پری‌بیوتیک را سین‌بیوتیک یا غذای فراویژه می‌نامند. بین پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها در فراورده‌های سین‌بیوتیک اثر سینرژیستی وجود دارد (Wegerif & Hebinck, 2016). اینولین و الیگوفروکتوزها جزء ترکیبات پری‌بیوتیکی هستند که با هدف بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و با فواید تغذیه‌ای در محصولات غذایی به‌کار می‌روند (Tewari et al., 2015). اینولین به‌طور طبیعی در برخی از گونه‌های گیاهی گلدار مانند کاسنی و ریشه گیاه باباآدم وجود دارد و همچنین توسط برخی از باکتری‌ها و قارچها نیز تولید می‌شود. مقدار اینولین در این گیاهان در محدوده ۱ تا ۲۰ درصد وزن گیاه تازه است (Shoaib et al., 2016).

گیاه باباآدم با نام علمی *Arctium lappa* از تیره کاسنی (مرکبیان) و خانواده *Asteraceae* است و گیاهی علفی، دو ساله و دارای ساقه ضخیم منشعب می‌باشد، که به حالت وحشی و خودرو در دشت‌ها و نواحی مرطوب و سایه‌دار در نواحی معتدل اروپا و آسیا می‌روید (Wu et al., 2020). این گیاه دارای ریشه‌ای دراز به قطر انگشت، با ظاهر دوکی‌شکل و شیارهای طولی عمیق به رنگ قهوه‌ای است که در مقطع سفیدرنگ می‌باشد. در ایران محل رویش گیاه باباآدم در استان‌های گیلان، گرگان، مازندران، تبریز، همدان، اراک، قزوین و کرج است. برداشت محصول در اواخر اسفند تا اردیبهشت‌ماه سال دوم رشد گیاه صورت می‌گیرد. در این مدت، ریشه به حداکثر رشد خود رسیده و به اندازه کافی گوشت‌دار می‌شود (Samsam Shariat, 2005).

ترکیبات شیمیایی ریشه باباآدم شامل اینولین، روغن فرار، تانن، رزین، قند، آهن، کلسیم، کوئرستین[1]، آرکتیژنین[2] و ویتامین C می‌باشد. ریشه باباآدم همچنین حاوی ترکیبات مغذی رایج نظیر اسیدهای آمینه ضروری، عناصر فلزی مانند پتاسیم، کلسیم، فسفر، منیزیم، منگنز، سدیم، روی و مس، ویتامین‌های B_1، B_2، C و A، فیبر خام، فسفر و کاروتن می‌باشد. از ریشه باباآدم در طب سنتی جهت درمان ورم لوزه، گلودرد، خارش بدن، مشکلات پوستی مختلف، مدر، عرق‌آور و پاک‌کننده خون استفاده می‌شود. مطالعات دارویی نشان می دهد که ریشه گیاه باباآدم طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی شامل خاصیت آنتی‌اکسیدان، ضدالتهابی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد را دارد (Wu et al., 2020). همچنین گزارش شده است که عصاره لیوفیلیزه برگ باباآدم فعالیت ضدمیکروبی در برابر میکروارگانیسم‌های دهان را دارد و در برابر باکتری‌های مرتبط با عوامل بیماری‌زای عصب دندان مانند *سودوموناس آئروگینوزا*[3]، *باسیلوس سوبتیلیس*[4] و *کاندیدا آلبیکنز*[5] موثر می‌باشد (Petkova et al, 2020).

فعالیت بیولوژیکی عصاره‌ها مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی تغییر یابد، به‌طوری که گزارش ناپایداری این ترکیبات در شرایط محیطی ثبت شده است. سرعت و میزان تجزیه ترکیبات عصاره‌ها بستگی به ساختار شیمیایی ریز مغذی‌ها، خواص ماتریس مواد غذایی، شرایط فرآیند و محیط نگهداری دارد (Rakmai et al., 2018). یکی از روش‌های افزایش پایداری ترکیبات حساس، انکپسولاسیون (ریزپوشانی) است که بر اساس اندازه ذرات به دو نوع میکروکپسولاسیون و نانوکپسولاسیون تقسیم می‌شوند (Gilles et al., 2012).

ریزپوشانی، روش بسته‌بندی اجزاء و ترکیبات حساس در داخل یک پوشش یا دیواره است، تا از تأثیر عوامل فیزیکوشیمیایی محیطی مصون بمانند. با استفاده از این روش، ضمن جلوگیری از هدر رفتن ترکیبات فرار و حساس به شرایط محیطی، می‌توان آن‌ها را تحت شرایط کنترل شده‌ای رها نمود. از این رو، ترکیبات فعال، حساس یا فرار نظیر ویتامین‌ها، ترکیبات عطر و طعم‌زا، عصاره‌های گیاهی، اسانس‌ها و غیره می‌توانند با استفاده از روش ریزپوشانی، به شکل پایداری تبدیل شوند (Loksuwan, 2007). دو روش متداول و مهم برای ریزپوشانی کردن ترکیبات فعال، خشک کردن پاششی و خشک کردن انجمادی است. ترکیبات مختلفی را می‌توان به‌عنوان پوشش یا دیواره در فرایند ریزپوشانی استفاده کرد. پلی‌ساکاریدهایی مانند مالتودکسترین، نشاسته، صمغ عربی و اینولین به دلیل تنوع، هزینه پایین و کاربردهای فراوان در صنایع غذایی، بیش از سایر گونه‌ها در پوشش ترکیبات زیست فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند (Fernandes et al., 2014).

آب‌میوه‌ها دارای مواد مغذی مفیدی نظیر مواد معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها هستند و می‌توانند ماده‌ای مناسب برای کشت باکتری‌های پروبیوتیک باشند. این مواد از پتانسیل بالا برای تبدیل شدن به محصول پروبیوتیک برخوردارند، زیرا خود فرآورده‌ای

1 Quercetin
2 Arctigenin
3 *Pseudomonas aeruginosa*
4 *Bacillus subtilis*
5 *Candida albicans*

سلامت‌بخش بوده و توسط گستره‌ی وسیعی از مردم مصرف می‌شوند. همچنین آب‌میوه‌ها از نظر حسی مقبول عام بوده و برخلاف فرآورده‌های لبنی، فاقد ترکیبات ناسازگار با بدن نظیر لاکتوز هستند (White & Hekmat, 2018).

بر این اساس، با توجه به حضور اینولین در ریشه بابا آدم و نقش اینولین در تحریک رشد باکتری‌های پروبیوتیک، در این تحقیق، ابتدا عصاره ریشه باباآدم توسط روش‌های خشک کردن پاششی و خشک کردن انجمادی با استفاده از ترکیبات مالتودکسترین و صمغ عربی ریزپوشانی گردید، سپس اثر عصاره باباآدم به صورت آزاد و ریزپوشانی شده بر خصوصیات کیفی، حسی و بقاء باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در آمیوه سین‌بیوتیک حاصل از ترکیب آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری ۳۰ روزه در دمای یخچال مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

استخراج عصاره ریشه گیاه باباآدم

برای این منظور ریشه‌های گیاه باباآدم را پوست کنده، برش داده و در دمای ۶۰- ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. سپس، ریشه‌های خشک شده را آسیاب نموده و از الک ۵۰ میکرومتر عبور داده شد تا به اندازه یکنواخت برسند. نمونه آماده شده با رطوبت تقریباً ۵/۲ درصد در ظروف خشک شده برای استفاده بعدی ذخیره شد. فرآیند استخراج عصاره از ریشه گیاه باباآدم با استفاده از حمام فراصوت (Bandelin Sonorex digitec، آلمان) انجام شد. آزمایش‌های استخراج با کمک امواج فراصوت در نسبت ماده جامد به مایع (۳۵: ۱ گرم در میلی‌لیتر) ، دمای فراصوت (۵۵ درجه سانتی‌گراد) و زمان فراصوت (۳۵ دقیقه) با توجه به نقطه بهینه به‌دست آمده در مرحله اول انجام شد (Esmaeili et al., 2021; Milani et al., 2011). پودر ریشه باباآدم و آب در نسبت ۱:۱۰ در یک ارلن‌مایر مخلوط و سپس در حمام آب قرار داده شد. پس از اتمام فرایند اولتراسوند، مخلوط حاصل با دور ۶۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ (Sigma 2-16K, Germany) شدند و مایع رویی با فیلتر کاغذی فیلتر شد تا بقایای نامحلول حذف گردد (Yang et al., 2017).

میکروکپسولاسیون عصاره

جهت تهیه میکروکپسول‌های عصاره ریشه گیاه باباآدم، در ابتدا ۴۰ گرم از مواد پوشش‌دهنده (۲۰ درصد وزنی/ حجمی)، شامل مالتودکسترین و صمغ عربی به‌طور جداگانه در آب مقطر حل گردیدند. سپس هر کدام از محلول های حاصله، در دمای ۶۰- ۴۰ درجه سلسیوس بر روی همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه همزده شدند تا محلول دارای حجم نهایی ۲۰۰ میلی‌لیتر و محتوای مواد جامد کل بین ۲۱-۱۸ درجه بریکس به‌دست آمد. پس از همزدن محلول‌ها، ۲ گرم عصاره باباآدم به محلول‌های تولیدی اضافه شده و مخلوط گردید. مخلوط حاصله توسط هموژنیزاتور به مدت ۵ دقیقه در ۹۵۰۰ rpm-۸۰۰۰ هموژن شد، تا پراکندگی مواد به‌طور کامل صورت گیرد (Le et al., 2017). سپس مخلوط حاصله توسط دستگاه خشک‌کن پاششی به پودر تبدیل گردید، بدین صورت که محلول تولیدی توسط یک پمپ با سرعت دوران قابل کنترل بین ۱ تا ۱۰۰ درصد به خشک‌کن پاششی تزریق شد. شرایط بهینه ریزپوشانی دستگاه بدین صورت بود؛ دمای ورودی ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت تغذیه ۶/۶ میلی‌لیتر در دقیقه، قطر نازل ۸- ۵ میلی‌متر، جریان هوای خشک ۴۵-۴۲ لیتر بر ساعت، آسپیراتور ۹۰ درصد و سرعت پمپ ۲۰ درصد (معادل ۵ میلی‌لیتر بر دقیقه). پودر تولیدی در زیر سیکلون در انتهای مسیر جمع‌آوری شده و بلافاصله برای سرد شدن به دسیکاتور منتقل شد. سپس در ظروف مخصوص در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و دور از نور و رطوبت برای انجام سایر آزمایشات نگهداری گردید (Cheraghali et al., 2016).

نانوکپسولاسیون عصاره

۴۰ گرم مالتودکسترین و صمغ عربی در آب مقطر حل شده و قبل از تهیه سوسپانسیون، به مدت یک شبانه‌روز در یک حمام آب لرزشی نگه‌داشته شدند. سپس ۲ گرم عصاره به محلول‌های آماده‌سازی شده، اضافه شد. همزدن مخلوط‌های حاصله توسط همزن مغناطیسی انجام گرفت، تا به‌طور هموژن و یکنواخت درآمد. در یک ظرف شیشه‌ای دیگر، ۱ گرم سدیم تری‌پلی‌فسفات (STPP)[1] در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل شده و ۱ سی سی توئین ۸۰ (v/v ۱ در صد) به محلول STPP اضافه شده و همزده شد. سپس محلول صمغ عربی/ مالتودکسترین-عصاره ریشه باباآدم به محلول STPP اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه همزده شد، سپس در سرعت ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از آن، رسوب تشکیل شده توسط خشک‌کن انجمادی خشک گردید (Zahrani et al., 2016).

تهیه نوشیدنی سین‌بیوتیک آب پرتقال- هویج

به‌منظور تهیه نمونه نوشیدنی پرتقال- هویج پروبیوتیک، ابتدا ترکیب ۵۰ میلی‌لیتر آب پرتقال و ۵۰ میلی‌لیتر آب هویج، شکر (۸/۵ درصد وزنی/ حجمی)، اسید سیتریک (۰/۱ درصد وزنی/ وزنی) مخلوط

1 Sodium tripolyphosphate (STPP)

شد. برای ایجاد یکنواختی و کاهش میزان دو فاز شدن نوشیدنی، از صمغ پکتین (۰/۱ درصد) استفاده گردید (۰/۰۳± ۴- pH=۳/۹۶). در سایر تیمارها، فرم آزاد، میکروکپسوله شده و نانوکپسوله شده عصاره ریشه باباآدم، هر کدام در دو سطح g/100mL ۰/۵ و ۱، جایگزین بخشی از آب فرمولاسیون شد. پاستوریزاسیون نمونه‌ها در بن‌ماری در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه انجام گرفت (Raiesi et al., 2013). پس از سرد شدن آب‌میوه‌ها، به هر کدام از تیمارها به میزان ۱ درصد حجمی/ حجمی از سوسپانسیون نیم مک فارلند باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* با کد سویه *IBRC-M 11321* (CFU/ml ۱۰^۸×۱/۵) افزوده شد. به‌منظور تهیه استوک باکتری پروبیوتیک با روش نیم مک فارلند، ابتدا محتوی آمپول‌های لیوفلیزه خریداری شده از مرکز ذخایر ژنتیکی ایران به محیط MRS broth اضافه شده و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوباسیون گردید، سپس بر روی محیط کشت MRS agar انتقال و به‌صورت خطی کشت گردید، پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون از کلونی‌های رشد یافته برای تهیه محلول نیم مک فارلند استفاده گردید. مقداری از کلونی باکتری به‌وسیله لوپ برداشته و در لوله‌های حاوی محلول رینگر حل شد و سپس جذب آن در طول موج ۶۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت گردید، زمانیکه جذب نمونه در محدوده ۰/۵ قرار گیرد محلول نیم مک فارلند تهیه شده که تعداد باکتری موجود در آن برابر ۱۰^۸× ۱/۵ می‌باشد.

نمونه‌های آبمیوه پس از بسته‌بندی در بطری‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شده و بعد از پایان انکوباسیون، به مدت یک ماه در دمای یخچال نگهداری شدند و در روزهای ۱، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ انبارمانی، آزمون‌های مربوطه بر روی آن‌ها انجام گرفت. تیمارهای مورد مطالعه در این مرحله، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- تیمارهای نوشیدنی مورد بررسی در این تحقیق

Table 1- Beverage treatments studied in this research

کد تیمارها	توضیحات
Ctrl	شاهد (نوشیدنی پروبیوتیک فاقد فرم های مختلف عصاره ریشه باباآدم)
T1	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 0/025 g/100mL فرم آزاد عصاره ریشه باباآدم
T2	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 0/05 g/100mL فرم آزاد عصاره ریشه باباآدم
T3	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 0/5 g/100mL عصاره میکروکپسوله شده با مالتودکسترین
T4	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 1 g/100mL عصاره میکروکپسوله شده با مالتودکسترین
T5	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 0/5 g/100mL عصاره میکروکپسوله شده با صمغ عربی
T6	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 1 g/100mL عصاره میکروکپسوله شده با صمغ عربی
T7	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 0/5 g/100mL عصاره نانوکپسوله شده با مالتودکسترین
T8	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 1 g/100mL عصاره نانوکپسوله شده با مالتودکسترین
T9	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 0/5 g/100mL عصاره نانوکپسوله شده با صمغ عربی
T10	نوشیدنی پروبیوتیک حاوی 1 g/100mL عصاره نانوکپسوله شده با صمغ عربی

اندازه‌گیری میزان ترکیبات پلی‌فروکتوز (فروکتان) و شناسایی کربوهیدارت‌های موجود در عصاره

میزان کل فروکتان‌ها توسط معرف resorcinol-thiourea و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۰ نانومتر اندازه‌گیری و نتایج به‌صورت گرم فروکتوز در ۱۰۰ گرم وزن خشک (DW) بیان شد. شناسایی کربوهیدارت‌های عصاره نیز توسط دستگاه HPLC Elite Chrome (Hitachi, Japan) همراه با آشکارساز ضریب شکست مدل Chromaster 5450 که در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد کار می‌کند، انجام شد. جداسازی با فاز متحرک H_2O تقطیر شده بر روی ستون Shodex Sugar SP0810 (۳۰۰ ×۸ میلی‌متر) با یک ستون محافظ که در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد با سرعت جریان ۰/۱ میلی‌لیتر در دقیقه کار می‌کرد، انجام شد (Petkova et al., 2020).

راندمان ریزپوشانی

راندمان ریزپوشـــانی، از طریق توزین جرم مواد جامد قبل از ریزپوشـانی و جرم کپسـول‌های به‌دسـت آمده بعد از ریزپوشـانی و از طریق رابطه ۱ به‌دست آمد (Badfarsa et al., 2017).

(۱) ۱۰۰ × ریزپو شانی از قبل جامد مواد کل جرم/ ریزپو شانی از بعد حاصله‌های کپسول کل جرم= راندمان تولید ریزکپسول (درصد)

توزیع اندازه ذرات

اندازه ذرات با استفاده از دستگاه پراکندگی نور دینامیکی[1] (Shimadzu، ژاپن) اندازه‌گیری شد. تقریباً ۵ گرم نمونه در ۵۰ میلی‌لیتر هگزان در دمای محیط مخلوط شد و سپس نمونه به مدت ۲ دقیقه توسط اولتراسونیک پراکنده شد تا از تعلیق جداگانه آن اطمینان حاصل شود. نتایج به‌دست آمده از دستگاه برای استخراج و گزارش پارامترهای بزرگترین (D_{90}) و کوچکترین (D_{10}) اندازه ذرات در مقیاس میکرومتر استفاده شد (Junior et al., 2018).

ساختار مورفولوژی کپسول‌ها

برای بررسی ریزساختار یا مورفولوژی کپسول‌های تولیدی، از میکروسکوپ الکترونی روبشی[2] (LEO 1450, Germany) با بزرگنمایی ۳۰۰۰ برابر استفاده گردید. نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه پوشش‌دهنده با لایه‌ای از طلا پوشیده شده و سپس از سطح خارجی نمونه‌های آماده‌سازی شده در ولتاژ ۱۵ kv تصویربرداری شد (Badfarsa et al., 2017).

محتوی فنل کل کپسول‌ها

محتوای فنول کل نمونه‌های کپسول بر اساس روش فولین–سیوکالتیو اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره ریزپوشانی شده با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین– سیوکالتیو مخلوط شد و به مدت ۳ دقیقه در حالت سکون باقی ماند تا واکنش صورت گرفت. سپس ۵ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شده و بعد از یک دقیقه، با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. نمونه به مدت ۲۴ ساعت در مکانی تاریک نگهداری گردید و سپس جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر در برابر شاهد قرائت شد. میزان ترکیبات فنولی کل نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد ترسیم شده با اسید گالیک و معادله حاصل (y=0.1554x-0.1456) تعیین گردید (Huang & Yang, 2011).

زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک

در ابتدا نمونه‌ها در محلول استریل رینگر رقیق شده و گونه پروبیوتیک زنده *لاکتوباسیلوس/ سیدوفیلوس* توسط کشت پورپلیت بر روی محیط کشت MRS Agar ارزیابی شدند. آنتی‌بیوتیک مورد استفاده به‌عنوان استاندارد ونکومایسین[3] بود. پلیت‌ها در ظروف در بسته به صورت بی‌هوازی گرمخانه‌گذاری شدند و برای کنترل شرایط بی‌هوازی، از یک شناساگر بی‌هوازی استفاده شد. پس از انکوباسیون ۷۲ ساعته در دمای ۳۷ درجه سلسیوس، کلنی‌ها شمارش شده و به‌صورت log CFU/mL گزارش شدند (Daneshi et al., 2013).

اندازه‌گیری اسیدیته و pH

برای اندازه‌گیری pH، دستگاه pHمتر به‌ترتیب توسط محلول بافر pH =۷ و محلول بافر pH =۴ کالیبره شد. سپس، مقداری از نمونه در یک بشر خشک و تمیز ریخته شده و الکترود دستگاه pHمتر درون آن قرار گرفت. دمای pHمتر با توجه به دمای نمونه تنظیم گردید. پس از ثابت شدن عدد، pH نمونه قرائت شد (ISIRI, 2007). برای تعیین اسیدیته نمونه‌های آبمیوه نیز ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر تازه جو شیده و سرد شده به یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل و ۲۰ گرم نمونه آب‌میوه به آن اضافه گردید. سپس شناساگر فنل فتالئین (به میزان ۰/۳ میلی‌لیتر فنل فتالئین برای هر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول نمونه) به آن افزوده شده و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال، تا ایجاد رنگ صورتی کم رنگ پایدار (به مدت ۳۰ ثانیه)، تیتر شد. میزان اسیدیته از طریق رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$A = \frac{V \times ۰/۰۰۶۴ \times 100}{m} \qquad (۲)$$

در این رابطه V حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال بر حسب میلی‌لیتر، m وزن نمونه بر حسب گرم و A اسیدیته کل بر حسب گرم اسید سیتریک در صد گرم نمونه می‌باشد (ISIRI, 2007).

کدورت

برای اندازه‌گیری کدورت نمونه‌های نوشیدنی از اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر استفاده شده و کدورت نمونه‌ها بر حسب NTU گزارش شد (Santos et al., 2019).

ویسکوزیته

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته از ویسکومتر بروکفیلد ساخت کشور انگلستان استفاده شد. بدین صورت که نمونه‌های نوشیدنی درون محفظه استوانه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شده و از اسپیندل شماره ۶۱ استفاده شد. با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده، اسپیندل مناسب جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندلی است که در سرعت مورد نظر گشتاوری بالاتر از ۱۰ درصد را نشان دهد. در دمای اندازه‌گیری ۲۲/۷ درجه سلسیوس، اسپیندل ۶۰ متصل به دستگاه در داخل مخزن قرار داده شد و در ۵۰ دور در دقیقه، با رسیدن نرخ برش دستگاه به ۵۰

---
1 Dynamic Light Scattering (DLS)
2 Scanning Electron Microscopy (SEM)
3 Vancomycin

(یک بر ثانیه) عدد مربوط به ویسکوزیته قرائت گردید (Zokti James et al., 2016).

عدد فرمالین

۲۵ میلی‌لیتر آب‌میوه (V_0) به یک بشر منتقل شد. یک عدد مگنت داخل بشر قرار داده و بشر روی همزن مغناطیسی گذا شته شد و در حال به هم زدن، تا رسیدن به pH =۸/۱، هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال قطره قطره به آن اضافه گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر محلول فرمالدئید خنثی، در حال به هم زدن به آن اضافه شده و به مدت یک دقیقه با هم مخلوط شدند. سپس تا رسیدن به pH =۸/۱، هیدروکسید سدیم ۰/۲۵ N قطره قطره به آن اضافه گردید (V). مقدار عددی فرمالین از طریق رابطه ۳ محاسبه گردید (ISIRI, 2007).

$$F\,(mg/kg) = \frac{V \times N \times 10 \times 100}{V_0} \qquad (۳)$$

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانیِ نمونه‌های نوشیدنی بر اساس ارزیابی ظرفیت چلات‌کنندگی رادیکال آزاد بود. در این روش، برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی نوشیدنی‌ها، از ۲،۲ دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید. بدین منظور، ۱۰۰ میکرولیتر آب‌میوه در نسبت ۱ به ۱۰ توسط متانول رقیق شد و سپس با ۲ میلی‌لیتر DPPH mol/L در متانول مخلوط گردید. پس از انکوباسیون به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق، جذب مخلوط توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج nm ۵۱۷ قرائت شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید (Huang & Yang, 2011).

$$DPPH\ (\%) = \frac{Abs_{control} - Abs_{sample}}{Abs_{control}} \times 100 \qquad (۴)$$

خواص حسی

ارزیابی حسی نوشیدنی‌ها (طعم، رنگ، بو و پذیرش کلی) به روش هدونیک ۹ نقطه‌ای و با تکمیل پرسشنامه ارزیابی، توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده انجام شد (Daneshi et al., 2013).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تحقیق حاضر در دو مرحله انجام شد، در مرحله اول ریزپوشانی عصاره ریشه بابا آدم با دو روش میکروکپسولاسیون و نانوکپسولاسیون و با استفاده از دو ترکیب مالتودکسترین و صمغ عربی به‌عنوان پوشش دیواره انجام شد. در مرحله دوم از عصاره ریزپوشانی شده (در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد) به همراه عصاره آزاد در فرمولاسیون نوشیدنی پروبیوتیک آب پرتقال- هویج استفاده و اثر آن بر زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک و همچنین ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی محصول نهایی مورد بررسی قرار گرفت. تمام آزمایشات بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد و نتایج، حاصل میانگین حداقل سه تکرار بود. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab 16.0 با تجزیه واریانس (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اختلاف بین میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال $p<۰/۰۵$ تعیین شد.

نتایج و بحث

محتوای کل ترکیبات پلی‌فروکتوز اندازه‌گیری شده و همچنین کربوهیدرات‌های شناسایی شده در عصاره آبی ریشه گیاه باباآدم در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اینولین، فروکتوالیگوساکاریدها (Nystose و 1-Kestose) و انواع قندها (ساکارز، گلوکز و فروکتوز) شناسایی شدند. محتوای کل فروکتان‌های عصاره برابر g/100g DW ۱۲/۹ ±۰/۸۸ اندازه‌گیری شد که حدود ۷۵ درصد آن (g/100g DW ۹/۷۵ ±۰/۶۵) به اینولین تعلق دارد (جدول ۲). فروکتوالیگوساکاریدهای Nystose و 1-Kestose که ترکیبات تجزیه شده حاصل از فروکتان‌ها هستند نیز به‌ترتیب به میزان ±۰/۱۸ ۰/۸۸ و g/100g DW ۰/۵۳ ±۰/۰۸ شناسایی شدند. محتوای اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها در عصاره ریشه بابا آدم بر اساس شرایط آب و هوایی، منطقه جغرافیایی، زمان برداشت، شرایط نگهداری، نوع حلال به‌کار رفته برای استخراج عصاره و شرایط استخراج می تواند متفاوت باشد (Cao *et al.*, 2018). Petkova و همکاران (۲۰۲۰) میزان اینولین، Nystose و 1-Kestose عصاره ریشه گیاه بابا آدم مربوط به کشور بلغارستان را به‌ترتیب ۷/۳، ۰/۲ و g/100g DW ۰/۱ گزارش دادند (Petkova *et al.*, 2020). در حالیکه Cao و همکاران (۲۰۱۸) و Bagaoutdinova و همکاران (۲۰۰۱) محتوای اینولین عصاره ریشه بابا آدم کشورهای کره جنوبی و روسیه را به‌ترتیب ۹ و g/100g DW ۳۰ گزارش کردند (Bagaoutdinova et al., 2001; Cao *et al.*, 2018).

جدول ۲- محتوای پلی فروکتوزها و آنالیز کربوهیدارت‌های عصاره بر حسب (g/100g DW)

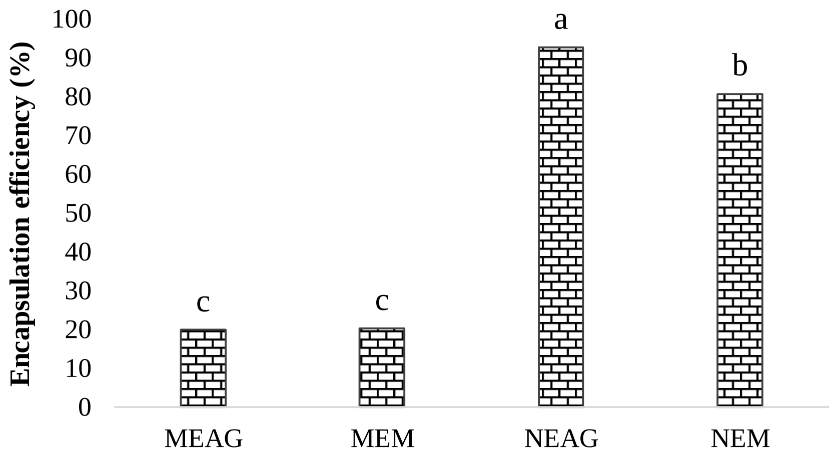
Table 2- Polyfructoses content and analysis of carbohydrates of the extract in (g/100g DW)

ترکیب	ترکیبات پلی‌فروکتوز (فروکتان)	اینولین	فروکتوز	ساکاروز	Nystose	1-Kestose	گلوکز
مقدار	12.90± 0. 88	9.75± 0.65	1.55± 0.12	1.08± 0.09	0.88± 0.18	0.53± 0.08	1.23± 0.21

ارزیابی ویژگی‌های میکروکپسول و نانوکپسول‌ها

راندمان فرایند ریز پوشانی

یکی از اولین ویژگی‌هایی که در مورد فرآیند ریزپوشـــانی مدنظر است، تعیین کارآیی یا بازده کپسولاسیون می‌باشد، تا به نوعی به مؤثر بودن فرآیند به‌کار رفته جهت تهیه کپسول‌ها پی برد. به‌طور کلی بازده کپسولاسیون نشان می‌دهد که چه مقدار از عصاره اولیه به‌کار رفته، در کپ سول‌ها بارگذاری شده ا ست (Cheraghali et al., 2016). نتایج بررسی بازده کپسـول‌ها نشـان داد که بازده نانوکپسـول‌های تولیدی به‌طور معنی‌داری بالاتر از میکروکپســـول‌ها بود ($p<0.05$). بین بازده میکروکپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین و صمغ عربی از لحاظ آمـاری اختلاف معنی داری وجود نـداشـــت، در حـالی کـه بـازده نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی بیشتر از نانوکپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین بود (شکل ۱).



شکل ۱- راندمان میکروکپسولاسیون و نانوکپسولاسیون عصاره ریشه باباآدم با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی

Fig. 1. Microencapsulation and nanoencapsulation efficiency of burdock root extract using maltodextrin and Arabic gum

***میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی (MEGA)، میکروکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (MEM)، نانوکپسول تهیه شده با صمغ عربی (NEAG)، نانوکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (NEM)**

بازده بالای کپسول‌های تولیدی با صمغ عربی در ارتباط با ساختار آن است. این صمغ یک هتروپلیمر قندها با انشعابات بالاست و حاوی تعداد کمی پروتئین است که به‌طور کووالانت به زنجیره‌های کربوهیدرات متصل شده‌اند و به‌عنوان یک عامل تشکیل‌دهنده فیلم عالی عمل کرده و بنابراین به‌خوبی می‌توان مولکول‌های هسته را به‌دام اندازد (Burin et al., 2011). کارآیی پایین‌تر مالتودکسترین احتمالاً به دلیل عدم ظرفیت امولسیفایری و قابلیت فیلم‌سازی پایین آن می‌باشد (Akhavan Mahdavi et al., 2016). در تحقیقاتی مشابه Akdeniz و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که نوع ماده مورد استفاده برای پوشش‌دهی کپسول‌های حاوی ترکیبات فنولی پوست پیاز، اثر قابل توجهی بر بازده کپسولاسیون داشت (Akdeniz et al., 2017). این محققین دریافتند که با افزایش درصد صمغ عربی در ترکیب با مالتودکسترین، کارآیی کپسولاسیون افزایش یافت که این امر در ارتباط با خاصیت امولسیفایری و پایدارسازی صمغ عربی دانسته شد. Akhavan Mahdavi و همکاران (۲۰۱۶) نیز به تولید کپسول‌های عصاره زرشک با استفاده از خشک‌کن پاششی پرداخته و از صمغ عربی، مالتودکسترین و ژلاتین به‌عنوان مواد پوشش‌دهی استفاده کردند و بالاترین بازده کپسولاسیون و بهترین کیفیت پودر را مربوط به کپسول‌های تهیه شده با ترکیب مالتودکسترین و صمغ عربی دانستند و بازده این کپسول‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از کپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین به تنهایی بود (Akhavan Mahdavi *et al*., 2016).

توزیع اندازه ذرات کپسول‌ها

اندازه ذرات و توزیع آن‌ها نقش مهمی در ویژگی‌های فیزیکی سیستم‌های کلوئیدی مانند پایداری طی نگهداری، کدورت و ویژگی‌های رئولوژیکی دارد، همچنین بر ویژگی‌هایی مانند دسترسی زیستی، خواص ارگانولپتیکی و حسی فرآورده‌های غذایی حاوی آن موثر است (Ballesteros *et al.*, 2017). نتایج تعیین اندازه کپسول‌ها توسط آزمون DSL نشان داد که فرایند ریزپوشانی و همچنین نوع عوامل پوشش دهی بر قطر ذرات کپسول ها موثر است، به‌طوری که بر اساس پارامترهای ترکیبی برای توزیع اندازه ذرات (D90) متوسط قطر ذرات نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی کوچکتر بود و میکروکپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین بیشترین قطر ذرات را نشان دادند (جدول ۳). قطر ذرات میکروکپسول به خصوصیات مواد، غلظت، ویسکوزیته مواد ریزپوشانی و شرایط عملیات خشک‌کن بستگی دارد (Junior *et al.*, 2018). Tadros و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که کاهش اندازه ذرات ثبات در برابر ته‌نشینی را فراهم کرده و برای کاربردهای غذایی مناسب می‌باشد (Tadros et al., 2004). توزیع اندازه ذرات از آن جهت حائز اهمیت است که می‌توان با بهینه‌سازی آن و بدون تغییر کلی در فرمولاسیون فراورده غذایی به ویژگی‌های مطلوب حسی و رئولوژیکی رسید (Mahmoud *et al.*, 2016). Badfarsa و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که نوع ماده مورد استفاده برای تهیه میکروکپسول‌ها اثر معنی‌داری بر اندازه ذرات داشت، به‌طوری که اندازه ذرات کپسول‌های تهیه شده با کازئینات سدیم بیشتر از انواع تهیه شده با بتاسیکلودکسترین بود (Badfarsa *et al.*, 2017). Mahmoud و همکاران (۲۰۱۶) نیز دریافتند که نوع ماده مورد استفاده برای نانوکپسولاسیون عصاره پوست لیمو و پرتقال، اثر قابل توجهی بر اندازه ذرات داشت، به‌طوری که بین آلژینات و مالتودکسترین به‌عنوان ماده پوشش‌دهی، کپسول‌های تهیه شده با آلژینات اندازه ذرات کوچکتری نشان دادند (Mahmoud *et al.*, 2016).

جدول ۳- اندازه ذرات میکرو کپسول و نانوکپسول های عصاره ریشه باباآدم

Table 3- Particle size of burdock root extract microencapsules and nanoencapsules

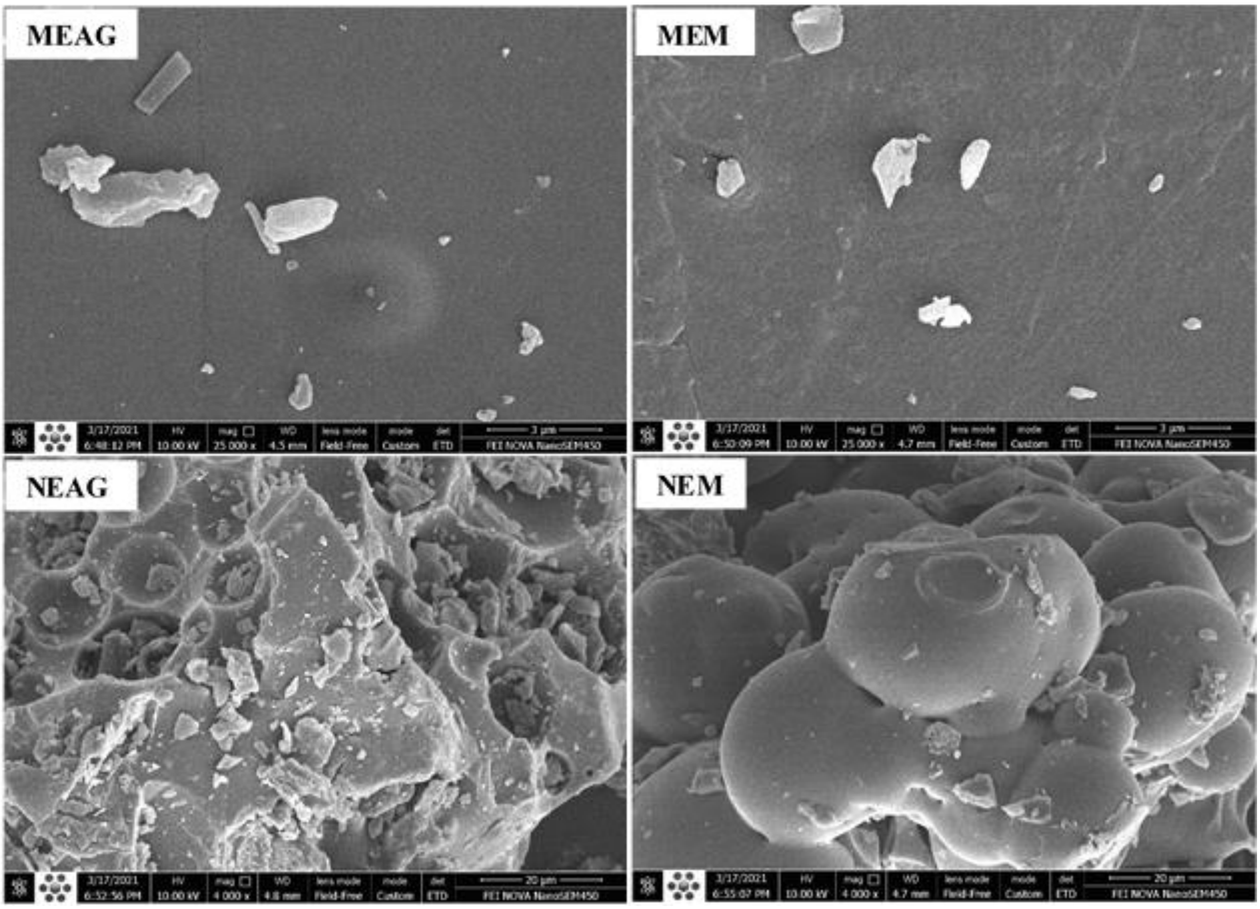
توزیع اندازه ذرات (µm) Particle size (µm)			
D90	**D50**	**D10**	**نمونه**
16.86± 0.15	6.23± 0.15	1.68 ±0.01	**MEAG**
15.50± 0.15	5.69 ±0.18	1.63± 0.01	**MEM**
14.33 ± 0.15	5.55± 0.21	±1.72± 0.10	**NEAG**
15.72± 0.15	5.61 ±0.12	1.83 ±0.12	**NEM**

*میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی (MEGA)، میکروکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (MEM)، نانوکپسول تهیه شده با صمغ عربی (NEAG)، نانوکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (NEM)

ریزساختار کپسول‌ها

مطالعه ریخت‌شناسی یا مورفولوژی ذرات کپسول با SEM اطلاعات ارزشمندی در مورد ویژگی‌های سطحی و تأثیر اجزای تشکیل‌دهنده دیواره کپسول بر ریز ساختار ذرات و همچنین شرایط خشک شدن و عوامل شیمیایی و فیزیکی موثر بر ساختار ذرات ارائه می‌دهد (Papoutsi et al, 2018). ریزساختار نمونه‌های میکرو و نانوکپسول تولیدی در پژوهش حاضر نشان داد که میکروکپسول‌های تهیه شده با عوامل پوشش‌دهی صمغ عربی و مالتودکسترین دارای سطوح ورقه‌ای‌مانند، ناصاف، نامنظم، شکستگی و گوشه‌دار بوده و به صورت پراکنده بودند. نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی نیز سطوح صافی نداشته و تجمع بالایی نشان دادند و به صورت گوشه‌دار و دارای شکستگی بودند، در حالی که نانوکپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین سطوح کروی و نسبتاً صافی داشته و تجمع ذرات نیز در آن‌ها مشاهده می گردد (شکل ۲). به‌طور کلی، تشخیص مکانیسم دقیق و علت اصلی بروز تغییرات در شکل ظاهری و ویژگی‌های سطحی کپسول‌ها نیاز به تحقیقات و مطالعات گسترده‌تری دارد، با این حال، تفاوت در شکل ظاهری و کیفیت سطحی کپسول‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت بین قدرت پوشانندگی و ساختار فضایی صمغ عربی و مالتودکسترین باشد (Ballesteros et al., 2017). ایجاد چین و چروک‌ها و ناهمواری‌های سطحی و حفرات در سطح کپسول‌ها، احتمالاً نشان‌دهنده اثر تنش‌های مکانیکی ناشی از شرایط خشک کردن بر مواد دیواره می‌باشد. ترکیب دیواره و سرعت خشک کردن به ویژه در مراحل اولیه، می‌توانند بر ویژگی‌های سطحی ریز ساختار مواد انکپسوله شده اثرگذار باشند (Akhavan Mahdavi et al., 2016). در تحقیقاتی مشابه Sharifi و همکاران (۲۰۱۵) آنتوسیانین‌های میوه زرشک را توسط خشک‌کن پاششی انکپسوله کردند و مشاهده نمودند که کپسول‌های تهیه شده با نسبت مساوی مالتودکسترین و صمغ عربی، بهترین ریزساختار و خصوصیات فیزیکی را داشت (Sharifi et

(al., 2015). Ballesteros و همکـاران (۲۰۱۷) نیز در بررســی انکپسولا سیون ترکیبات فنولی قهوه با مالتودکسترین و صمغ عربی به‌عنوان عامل پوشش‌دهی و توسط روش خشک‌کن پاششی به نتایج مشـابهی دسـت یافتند و کپسـول‌های آن‌ها نیز کروی‌مانند و با حالت مقعر بود (Ballesteros et al., 2017). Papoutsis و همکـاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که روش مورد استفاده برای انکپسولا سیون، اثر قابل توجهی بر مرفولوژی کپســول‌های تولیدی حاوی عصــاره محصـولات فرعی مرکبات داشـت. این محققین اظهار داشـتند که در روش خشک‌کردن پاششی، ذرات کروی با قطرهای مختلف و با حالت مقعر تشکیل شدند، در حالی که پودرهای تولید شده توسط خشک کردن انجمادی، دارای ساختار ورقه‌ای مانند یا شبیه شیشه شکسته بودند. این محققین همچنین دریافتند که نوع ماده پوشـــش‌دهی بر ریزساختار کپسول‌ها تأثیر داشت (Papoutsi et al, 2018).



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) کپسول‌های عصاره ریشه باباآدم

Fig. 2. The electron microscope images (SEM) of burdock root extract capsules

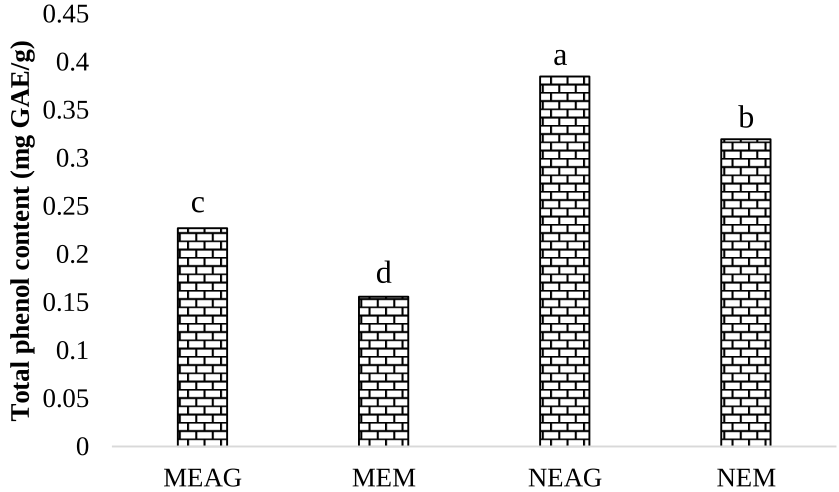
***میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی (MEGA)، میکروکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (MEM)، نانوکپسول تهیه شده با صمغ عربی (NEAG)، نانوکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (NEM)**

محتوای فنول کل کپسول‌ها

نتایج حاصـــل از بررســـی محتوای فنول کل نمونه‌های مختلف میکرو و نانوکپسول‌های تولیدی در پژوهش حاضر نشان داد که هم در فرآیند میکروکپســـولاســـیون و هم فرآیند نانوکپســـولاســـیون، کپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی دارای محتوای بالاتر فنول کل نسبت به کپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین بودند ($p<۰/۰۵$). همچنین، نانوکپســـول های تولیدی فنول کل بالاتری نســـبت به میکروکپسـول‌ها داشـتند ($p<۰/۰۵$). محتوای فنول کل کپسـول‌های تولیدی در این تحقیق در محدوده mg GAE/g ۰/۳۸۵ -۰/۱۵۶ قرار داشــت (شــکل ۳). کمتر بودن محتوای فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسـیدانی میکروکپسـول‌های عصـاره ریشـه باباآدم نسـبت به نانوکپسـول‌ها احتمالاً در ارتباط با تفاوت در روش مورد اسـتفاده برای خشـــک کردن آن ها بر می‌گردد. برای تهیه میکروکپســـول ها از خشک‌کن پاششی و برای تولید نانوکپسول‌ها از خشک‌کن انجمادی

استفاده گردید. در خشک‌کن پاششی، به دلیل دمای بالای بخش تزریق‌کننده، بخشی از ترکیبات فنولی عصاره تخریب شده و فعالیت آنتی اکسیدانی نیز کاهش می‌یابد (Jia et al., 2016). در خشک‌کن انجمادی نیز بخشی از ترکیبات فنولی در اثر استرس‌های انجماد و خشک کردن تخریب می شوند (Papoutsi et al, 2018)، ولی ظاهراً در پژوهش حاضر تخریب ترکیبات توسط خشک‌کن پاششی بالاتر از خشک‌کن انجمادی بوده است.

Tonon و همکاران (۲۰۰۸) ترکیبات فنولی میوه تمشک شمالی را با مواد دیواره مختلف کپسوله کردند و بهترین نتایج را با استفاده از مالتودکسترین به‌عنوان پوشش گزارش کردند (Tonon et al., 2008). Papoutsi و همکاران (۲۰۱۸) محتوای فنول کل نانوکپسول‌های عصاره‌های محصولات فرعی مرکبات تولید شده با خشک‌کن‌های پاششی و انجمادی را به ترتیب ۱/۴۹-۱/۲۶ mg GAE/g و ۱/۶۶-۱/۳۰ mg GAe/g گزارش کردند (Papoutsi et al, 2018). این محققین بیان کردند که بالاترین محتوای فنول کل مربوط به عامل پوشش‌دهی ترکیبی مالتودکسترین و پروتئین سویا بود. Ballesteros و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که خشک‌کردن انجمادی با استفاده از مالتودکسترین به‌عنوان عامل پوشش‌دهی کارآمدتر از روش خشک کردن پاششی برای انکپسولاسیون ترکیبات فنولی استخراج شده از دانه قهوه بود (Ballesteros *et al*., 2017).



شکل ۳- مقایسه محتوای فنول کل (mg GAE/g) میکرو و نانوکپسول‌های عصاره ریشه باباآدم

Fig. 3. Comparison of total phenol content (mg GAE/g) of burdock root extract micro and nanoencapsules

***میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی (MEGA)، میکروکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (MEM)، نانوکپسول تهیه شده با صمغ عربی (NEAG)، نانوکپسول تهیه شده با مالتودکسترین (NEM)**

ارزیابی پارامترهای نوشیدنی سین‌بیوتیک آب پرتقال- هویج

زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها

نتایج حاصل بررسی زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در نوشیدنی ترکیبی آب پرتقال- هویج نشان داد که در روز اول، بین تعداد پروبیوتیک‌ها در تیمارهای مختلف نوشیدنی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و تعداد این باکتری ها در محدوده log CFU/ml ۸/۶۳- ۸/۵۸ قرار داشت. طی دوره نگهداری در کلیه تیمار های نوشیدنی، تعداد باکتری‌های پروبیوتیک کاهش نشان داد ($p<0.05$) و بیشترین شدت کاهش پروبیوتیک ها در نمونه شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). محققین، کاهش پروبیوتیک ها در آب‌میوه طی دوره انبارمانی را به کاهش pH و افزایش اسیدیته نسبت دادند (Yoon et al., 2005). محققین همچنین اظهار داشتند که کاهش در بقاء پروبیوتیک‌ها طی دوره نگهداری در نوشیدنی‌ها، به دلیل تغییرات اسیدیته، حضور اکسیژن یا کاهش سطح ترکیبات نیتروژنی می‌باشد. قابلیت رشد و بقاء میکروارگانیسم‌ها به‌طور زیادی وابسته به تطبیق‌پذیری آن‌ها با محیط زیست دارد (Lacroix & Yildirim, 2007). کاهش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی نوشیدنی ها طی دوره نگهداری نیز یکی از دلایل کاهش تعداد پروبیوتیک‌های زنده گزارش شده است (Yoon et al., 2005). Naga Sivudu و همکاران (۲۰۱۶) با تولید آب گوجه‌فرنگی و آب هویج پروبیوتیک مشاهده کردند که در طی ۷ هفته نگهداری در دمای یخچال، تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نوشیدنی‌ها کاهش یافت، ولی تا روز آخر همچنان تعداد سلول‌های زنده پروبیوتیک‌ها در حد قابل قبول بود (Naga Sivudu et al., 2016).

افزودن فرم‌های مختلف عصاره و افزایش سطح آن‌ها منجر به افزایش قابل توجه قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در نوشیدنی‌های

تولیدی گردید (p<۰/۰۵). ریزپوشـــانی عصـــاره نیز قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در نو شیدنی‌ها را افزایش داد و بی شترین تأثیر مربوط به نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی در سطح ۱ در صد بود و نانوکپســول صــمغ عربی در ســطح ۰/۵ درصــد و نانوکپســول مالتودکســترین در سـطح ۱ درصـد پس از آن قرار داشـتند. مکانیز سم اصـــولی حفاظت پروبیوتیک‌ها توســـط اینولین طی دوره نگهداری در یخچال، به‌طور زیادی در ارتباط با این حقیقت اســـت که اینولین به‌عنوان منبع کربنی در دســـترس برای حفظ ســـلول به کار رفته و بنابراین سبب جلوگیری از آسیب‌های سلولی ایجاد شده توسط اسیدیته می‌گردد (Khezri et al., 2018). تأثیر عصاره ریشه باباآدم در افزایش قابلیت زنده مانی پروبیوتیک ها در نوشـــیدنی ها علاوه بر حضـــور پری‌بیوتیک اینولین، به دلیل حضور ترکیبات فنولی دارای خصوصیات آنتی‌اکســـیدانی می باشـــد. زیرا یکی از روش های بهبود پا یداری باکتری های پروبیوتیک در آب‌میوه ها، غنی‌ســـازی با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. نقش محافظت‌کنندگی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بر روی سلول‌های پروبیوتیک در آب‌میوه‌ها، توسط محققین مورد تأئید قرار گرفته است (Souri et al., 2019).

جدول ٤- مقایسه زنده‌مانی باکتری های پروبیوتیک (Log CFU/ml) در تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 4- Comparison of the probiotic bacteria survival (Log CFU/ml) in different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

	زمان نگهداری (روز) Storage time (Day)			
	1	**10**	**20**	**30**
Ctrl	8.60± 0/05 ^{A,a}	7.46± 0.04 ^{B,h}	6.78± 0.04 ^{C,i}	5.40± 0.07 ^{D,i}
T1	8.61 ±0.02 ^{A,a}	7.70± 0.05 ^{B,g}	6.91± 0.04 ^{C,h}	6.14± 0.02 ^{D,h}
T2	8.60 ±0.03 ^{A,a}	7.96± 0.02 ^{B,e}	7.33± 0.01 ^{C,f}	6.26± 0.02 ^{D,g}
T3	8.59 ±0.03 ^{A,a}	7.79± 0.03 ^{B,g}	7.25± 0.01 ^{C,g}	6.42± 0.03 ^{D,f}
T4	8.56 ±0.03 ^{A,a}	8.07± 0.01 ^{B,d}	7.48± 0.04 ^{C,e}	6.89± 0.02 ^{D,d}
T5	8.56 ±0.03 ^{A,a}	7.89± 0.03 ^{B,f}	7.61 ± 0.07 ^{C,d}	6.91± 0.02 ^{D,d}
T6	8.56± 0.04 ^{A,a}	8.15±0.01 ^{B,c}	7.80± 0.04 ^{C,c}	7.09± 0.04 ^{D,bc}
T7	8.58± 0.05 ^{A,a}	7.93± 0.04 ^{B,ef}	7.58± 0.03 ^{C,d}	6.82± 0.04 ^{D,e}
T8	8.61± 0.06 ^{A,a}	8.17 ±0.01 ^{B,c}	7.94 ±0.02 ^{C,b}	7.03± 0.03 ^{D,c}
T9	8.59± 0.06 ^{A,a}	8.21± 0.02 ^{B,b}	7.91± 0.02 ^{C,b}	7.10± 0.02 ^{D,b}
T10	8.63± 0.04 ^{A,a}	8.33± 0.01 ^{B,a}	8.07± 0.01 ^{C,a}	7.38± 0.01 ^{D,a}

*حروف لاتین بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تغییرات هر تیمار طی زمان).

*حروف لاتین کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تیمارها در هر زمان ثابت).

به‌منظور بهره‌م ندی از خواص ســـلا مت‌بخش باکتری های پروبیوتیک، حداقل ســلول زنده توصــیه شــده در فرآورده‌ها cfu/ml ۱۰^۶ -۱۰^۷ تعیین شـــده اســـت (Lebaka et al, 2018). بنابراین، زنده‌مانی کشـــت پروبیوتیک در طول دوره نگهداری از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که همه تیمارهای مورد مطالعه به استثنای شاهد، تا روز آخر انبارمانی دارای تعداد پروبیوتیک‌ها در حد مطلوب بود، ولی در نمونه شاهد تا روز بیستم تعداد پروبیوتیک‌ها تا حد مطلوب بود و در روز سی‌ام به کمتر از تعداد توصیه شده رسید. نتایج حاصـــله توســـط Sheehan و همکاران (۲۰۰۷) نشـــان داد که *لاکتوبا سیلوس کازئی* و *لاکتوبا سیلوس پاراکازئی* قابلیت زیستی خوبی در نو شیدنی‌های میوه‌ای دا شته و در آب پرتقال بیش از ۱۰^۷ cfu/ml و در آب آناناس بیش از ۱۰^۶ cfu/ml به مدت ۱۲ هفته باقی ماندند (Sheehan et al., 2007). Khezri و همکاران (۲۰۱۸) به غنی‌سازی آب انجیر با اینولین و *لاکتوباسـیلوس دلبروکی* پرداخته و نشـان دادند که با گذشـــت زمان تعداد ســـلول های زنده باکتری پروبیوتیک در نوشـــیدنی‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش یافت به‌طوری که پس از ۴ هفته نگهداری در یخچال شمارش آن به ۶/۵۹ Log cfu/ml ر سید، در حالیکه اســـتفاده از اینولین به‌عنوان پری‌بیوتیک توانســـت تعداد پروبیوتیک‌های زنده مانده را تا پایان نگهداری افزایش دهد (Log ۷/۴۹ cfu/ml)، که با نتایج پژوهش حاضـــر کاملا مطابقت دارد (Khezri et al., 2018). Pimentel و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی بقاء *لاکتوبا سیلوس پاراکازئی* در آب سیب گزارش کردند که طی دوره نگهداری ۲۸ روزه در دمای یخچال، تعداد پروبیوتیک‌ها در تیمارهای نوشـیدنی به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی تعداد آن در نوشـیدنی ســـین بیوتیک حاوی پری بیوتیک اولیگوفروکتوز همواره بالاتر از نوشیدنی پروبیوتیک بود (Pimentel et al., 2015).

اسیدیته کل

مقادیر pH و اسیدیته، از عوامل مهم در تهیه یک فرآورده پروبیوتیکی محسوب می‌شوند، زیرا کاهش pH در مدت زمان نگهداری محصول با افزایش اسیدیته توسط باکتری‌ها همراه است. همچنین بیشترین اسید تولید شده، اسید لاکتیک می‌باشد. میزان تولید اسید در محصولات غذایی باید در حد مطلوب باشد تا بر طعم و مزه فرآورده تأثیر نامطلوب نگذارد (Bruno et al., 2009). علاوه براین، pH یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک است (Souri et al., 2019). نتایج حاصل از بررسی اسیدیته کل تیمارهای مختلف نوشیدنی آب پرتقال- هویج سین‌بیوتیک نشان داد که در روز اول، میانگین مقادیر اسیدیته کل نوشیدنی‌های تولیدی در محدوده ۰/۹۵۴- ۰/۸۲۸ در صد قرار داشت (جدول ۵). با افزایش غلظت فرم‌های مختلف عصاره ریشه باباآدم در نوشیدنی‌ها، میزان اسیدیته کل کاهش یافت، در حالیکه طی دوره نگهداری در کلیه تیمارهای نوشیدنی، مقادیر اسیدیته کل به تدریج افزایش نشان داد ($p<0.05$). افزایش اسیدیته نوشیدنی‌ها طی دوره نگهداری به دلیل مصرف قند توسط باکتری‌ها و تولید اسید، می‌باشد. افزایش اسیدیته در روزهای اول انبارمانی با سرعت بیشتری صورت گرفت که به تعداد بالاتر باکتری‌های پروبیوتیک در محصول مربوط می‌شود. در روزهای پایانی به دلیل حضور تعداد کمتر باکتری‌های پروبیوتیک در نوشیدنی‌ها، قابلیت تولید اسید نیز کاهش یافته است. به‌طور کلی، به استثناء تیمار حاوی ۱ درصد میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی، سایر تیمارهای حاوی میکرو و نانوکپسول‌های عصاره ریشه باباآدم دارای مقادیر اسیدیته بالاتری نسبت به شاهد بودند (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه مقادیر اسیدیته کل (٪) تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 5- Comparison of the acidity values (%) of different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

زمان نگهداری (روز) Storage time (Day)				
30	**20**	**10**	**1**	
1.02 ±0.00 ^{A,ef}	1.03 ±0.00 ^{A,d}	1.03 ±0.00 ^{A,c}	0.87 ±0.00 ^{B,c}	**Ctrl**
1.03 ±0.01 ^{A,de}	1.03 ±0.00 ^{B,e}	0.99 ±0.00 ^{C,d}	0.85 ±0.00 ^{C,cd}	**T1**
1.02 ±0.00 ^{A,f}	1.00 ±0.00 ^{B,f}	0.98 ±0.00 ^{C,d}	0.83 ±0.00 ^{D,d}	**T2**
1.09 ±0.00 ^{A,b}	1.07 ±0.00 ^{B,a}	1.06 ±0.00 ^{C,a}	0.88 ±0.00 ^{D,b}	**T3**
1.07 ±0.00 ^{A,c}	1.04 ±0.00 ^{B,cd}	1.03 ±0.00 ^{C,bc}	0.86 ±0.00 ^{D,c}	**T4**
1.09 ±0.00 ^{A,b}	1.06 ±0.00 ^{B,b}	1.02 ±0.00 ^{C,c}	0.86 ±0.00 ^{D,c}	**T5**
1.02 ±0.00 ^{A,ef}	1.01 ±0.00 ^{B,e}	0.98 ±0.00 ^{C,d}	0.84 ±0.00 ^{D,d}	**T6**
1.12± 0.00 ^{A,a}	1.07 ±0.00 ^{B,a}	1.07 ±0.00 ^{B,a}	0.95 ±0.01 ^{C,a}	**T7**
1.09± 0.00 ^{A,b}	1.05 ±0.00 ^{B,bc}	1.02± 0.00 ^{C,c}	0.89 ±0.00 ^{D,b}	**T8**
1.09 ±0.01 ^{A,b}	1.07 ±0.00 ^{B,a}	1.03 ±0.00 ^{C,b}	0.88 ±0.00 ^{D,b}	**T9**
1.05 ±0.0 ^{A,d}	1.05 ±0.00 ^{A,c}	1.03 ±0.00 ^{B,bc}	0.86 ±0.00 ^{C,c}	**T10**

*حروف لاتین بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تغییرات هر تیمار طی زمان).

*حروف لاتین کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تیمارها در هر زمان ثابت).

بالاتر بودن میزان اسیدیته در نوشیدنی‌های حاوی کپسول‌های عصاره ریشه باباآدم، احتمالا به دلیل نقش پری‌بیوتیکی اینولین موجود در این عصاره می باشد که موجب افزایش قابلیت زنده مانی پروبیوتیک‌ها در نوشیدنی‌ها شده و در نتیجه تولید اسید در نمونه‌ها افزایش یافته است. محققین اظهار داشتند که این موضوع به دلیل نقش تنظیم کنندگی فعالیت متابولیکی باکتری ها توسط اینولین می‌باشد که موجب بهبود توسعه اسیدیته می‌گردد. اسیدیته بالای محصولات پروبیوتیک می‌تواند نقش محافظت‌کنندگی در برابر توسعه و پیشرفت میکروارگانیسم‌های عامل فساد غذایی و توسعه دوره ماندگاری آن‌ها داشته باشد (Khezri et al., 2018). در همین راستا Yeo و Liong (۲۰۱۰) نشان دادند که افزودن اینولین به شیر سویا به‌طور معنی‌داری سبب افزایش تولید اسید توسط پروبیوتیک‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید (Liong and Yeo, 2010). Rafigh و همکاران (۲۰۱۶) آب هویج پروبیوتیک را با استفاده از سویه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم، کازئی، اسیدوفیلوس* و *بیفیدوم لانگوم* تولید کرده و مشاهده نمودند که در طی دوره نگهداری، میزان pH نوشیدنی‌ها کاهش و اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش پیدا کرد (Rafigh et al., 2016). Khezri و همکاران (۲۰۱۸) افزایش میزان اسیدیته در آب انجیر پروبیوتیک طی دوره نگهداری را مشاهده کردند و بیان نمودند که مقادیر اسیدیته آب انجیر سین‌بیوتیک حاوی اینولین

به‌طور معنی‌داری بالاتر از شاهد و نوشیدنی پروبیوتیک بود (Khezri et al., 2018).

ویسکوزیته

آنالیز ویسکوزیته، یک روش ساده ولی سریع است که برای ارزیابی تمامیت سرعت مخلوط کردن اجزای فرمولاسیون به‌کار می‌رود. ارزیابی میزان ویسکوزیته به ما این قابلیت را می‌دهد تا تأثیر میزان سطح مواد جامد، درجه امولسیون‌کنندگی و هیدرولیز را بر کیفیت و پایداری محصول بررسی کنیم. زمانی ویسکوزیته افزایش یابد، پایداری محصول از طریق حفظ ترکیبات نامحلول در سوسپانسیون حفظ شده و یکنواختی محلول‌ها حفظ می‌گردد (Rossman, 2009). نتایج حاصل از بررسی ویسکوزیته نمونه‌های مختلف نوشیدنی آب پرتقال- هویج سین‌بیوتیک نشان داد که مقادیر ویسکوزیته تیمارهای مختلف نوشیدنی در محدوده cP ۲۸/۶۷- ۷/۶۷ قرار داشت (جدول ۶).

جدول ٦- مقایسه مقادیر ویسکوزیته (cp) تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 6- Comparison of the viscosity values (cp) of different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

زمان نگهداری (روز) Storage time (Day) 30	20	10	1	
7.67± 1.15 B,g	8.33± 1.53 B,g	11.00± 1.00 A,g	11.33± 0.58 A,g	**Ctrl**
10.67 ± 0.58 B,f	12.00± 1.00 AB,f	12.33 ± 0.58 A,g	12.33± 0.58 A,g	**T1**
12.33± 0.58 B,e	14.33± 0.58 A,e	14.67± 0.58 A,f	14.67 ±0.58 A,f	**T2**
14.33± 0.58 C,d	15.67± 0.58 B,d	17.00± 1.00 AB,de	17.33± 0.58 A,e	**T3**
18.67± 0.58 A,c	19.00± 1.00 A,c	19.33± 0.58 A,c	19.33± 0.58 A,d	**T4**
23.67± 0.58 A,ab	24.00± 1.00 A,ab	25.33± 0.58 A,b	25.67 ± 0.58 A,b	**T5**
24.33± 0.58 B,a	24.67± 0.58 B,a	28.67± 1.15 A,a	28.67± 0.58 A,a	**T6**
15.33± 0.58 B,d	15.67± 0.58 AB,d	16.33± 0.58 AB,e	16.67± 0.58 A,e	**T7**
18.33± 0.58 A,c	18.67± 0.58 A,c	19.00± 1.00 A,cd	19.33± 0.58 A,d	**T8**
22.67± 0.58 A,b	22.67 ±0.58 A,b	23.67± 1.15 A,b	23.33± 0.58 A,c	**T9**
24.33± 0.58 A,a	24.67± 0.58 A,a	25.33± 0.58 A,b	25.33± 0.58 A,b	**T10**

*حروف لاتین بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تغییرات هر تیمار طی زمان).

*حروف لاتین کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تیمارها در هر زمان ثابت).

کمترین میزان ویسکوزیته در کلیه بازه‌های زمانی مورد مطالعه در این تحقیق مربوط به شاهد بود و افزایش غلظت فرم آزاد و میکرو و نانوکپسول‌های عصاره در نوشیدنی‌ها منجر به افزایش معنی‌دار میزان ویسکوزیته گردید (p<۰/۰۵). به‌طور کلی بیشترین ویسکوزیته در نوشیدنی حاوی ۱ درصد میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی به‌دست آمد. افزودن هر ترکیبی، مخصوصاً ترکیبات با وزن مولکولی بالا نظیر هیدروکلوئیدها، می‌تواند بر ویسکوزیته آب‌میوه مؤثر باشد. هیدروکلوئیدها قدرت جذب آب بالایی دارند و بنابراین با اتصال به مولکول های آب و تشکیل شبکه ژلی می‌توانند باعث افزایش ویسکوزیته شوند (Hosseinnia *et al*., 2017). به دلیل وزن مولکولی بالاتر صمغ عربی نسبت به مالتودکسترین و همچنین قابلیت جذب آب بالاتر آن، کپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی ویسکوزیته بالاتری نسبت به کپسول‌های حاوی مالتودکسترین ایجاد کردند. همچنین مشخص شد طی دوره نگهداری به تدریج میزان ویسکوزیته نوشیدنی‌ها کاهش یافت.

Zokti James و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده کردند که در نوشیدنی انبه حاوی عصاره چای سبز آزاد و انکپسوله شده با مواد پوشش‌دهی مختلف، بیشترین میزان ویسکوزیته در روز اول مربوط به نوشیدنی‌های حاوی بالاترین سطح میکروکپسول‌های حاوی چای سبز تهیه شده با صمغ عربی بود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت (Zokti James et al., 2016). در برخی تیمارها در ابتدای دوره نگهداری تغییرات افزایشی و یا کاهشی در میزان ویسکوزیته مشاهد شد و سپس تقریباً ویسکوزیته تغییر قابل توجهی نداشت، در حالی که در برخی دیگر از تیمارها، میزان ویسکوزیته طی زمان به تدریج کاهش یافت. تأثیر افزایشی در ویسکوزیته محصولات غذایی مایع در اثر افزودن اینولین، توسط سایر محققین نشان داده شده است (Gibson *et al*., 1995). Sardarifar و همکاران (۲۰۱۸)، افزایش ویسکوزیته آب سیب در حضور هیدروکلوئیدهای پکتین و صمغ عربی را گزارش کردند. این محققان بیان کردند که به دلیل وزن مولکولی بالاتر صمغ عربی نسبت به پکتین، نوشیدنی‌های حاوی کپسول‌های تهیه شده با

صمغ عربی ویسکوزیته بالاتری نشان دادند (Sardarifar et al., 2018).

عدد فرمالین

عدد فرمالین بیانگر مقادیر اسیدهای آمینه و پروتئین ها در نوشیدنی‌ها می‌باشد. این آزمون از این جهت دارای اهمیت است که اگر مقدار اسیدهای آمینه در آب‌میوه بالا باشد، با قند میوه ترکیب شده و وارد واکنش مایلارد می‌شوند، در نتیجه رنگ آب‌میوه تیره خواهد شد. از آنجایی که مقدار فرمالین مجاز از نظر سازمان جهانی بهداشت برای آب میوه‌جات تا ۲۲/۴ mg/kg می‌باشد (Khakbaz Heshmati & Khoshghadam, 2017) و مقادیر فرمالین به‌دست آمده در پژوهش حاضر در محدوده ۳/۶۰- ۳/۳۳ است (جدول ۷)، بنابراین در نوشیدنی‌های میوه‌ای تولیدی در پژوهش حاضر، مشکل بالا بودن مقدار فرمالین وجود ندارد.

جدول ۷- مقایسه مقادیر عدد فرمالین تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 7- Comparison of the formalin number values of different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

	زمان نگهداری (روز) Storage time (Day)			
	1	**10**	**20**	**30**
Ctrl	3.50 ±0.00 A,b	3.47 ±0.06 AB,b	3.43± 0.06 BC,c	3.33± 0.06 C,c
T1	3.60 ±0.00 A,a	3.57± 0.06 AB,ab	3.53 ±0.06 B,bc	3.53± 0.06 B,b
T2	3.60± 0.00 A,a	3.57± 0.06 AB,ab	3.53± 0.06 B,bc	3.53 ±0.06 B,b
T3	3.60± 0.00 A,a	3.57 ±0.06 A,ab	3.57± 0.06 A,ab	3.57± 0.06 A,ab
T4	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60 ±0.00 A,a	3.57± 0.06 A,ab
T5	3.60 ±0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60 ±0.00 A,a	3.57± 0.06 A,ab
T6	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60 ±0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a
T7	3.60± 0.00 A,a	3.60 ±0.00 A,a	3.60 ±0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a
T8	3.60± 0.00 A,a	3.57± 0.06 A,a	3.57 ±0.06 A,ab	3.57 ±0.06 A,ab
T9	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a
T10	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a	3.60± 0.00 A,a

*حروف لاتین بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تغییرات هر تیمار طی زمان).

*حروف لاتین کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تیمارها در هر زمان ثابت).

به‌طور کلی، کمترین میزان عدد فرمالین مربوط به نمونه شاهد بود و افزودن فرم‌های مختلف عصاره ریشه باباآدم به نوشیدنی‌های سین‌بیوتیک تولیدی موجب افزایش معنی‌دار عدد فرمالین نسبت به شاهد گردید (p<۰/۰۵). در روزهای دهم و بیستم، نمونه‌های حاوی فرم آزاد عصاره ریشه باباآدم عدد فرمالین کمتری نسبت به نمونه‌های حاوی میکرو و نانوکپسول‌ها داشتند. در تیمارهای نوشیدنی حاوی میکرو و نانوکپسول‌های عصاره طی دوره نگهداری تغییر قابل توجهی در عدد فرمالین مشاهده نشد، ولی در نمونه شاهد از روز اول تا روز آخر انبارمانی عدد فرمالین به تدریج کاهش یافت (جدول ۷). در تحقیقاتی مشابه Hosseini و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر باکتری های پروبیوتیک و اینولین بر ویژگی های کیفی آبمیوه های آلبالو و سیب صنعتی نشان دادند که نوع باکتری پروبیوتیک مورد بررسی بر عدد فرمالین نوشیدنی ها تأثیر دارد. به‌طوری که در نوشیدنی‌های حاوی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* با افزایش اینولین، عدد فرمالین نیز افزایش یافت، ولی در نوشیدنی های حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی*، افزایش سطح اینولین تغییر چندانی در عدد فرمالین ایجاد نکرد. این محققین همچنین بیان کردند که طی دوره نگهداری، عدد فرمالین نوشیدنی‌ها در ابتدا کاهش یافت و سپس به حالت اولیه خود برگشت (Hosseini et al., 2016). زمانی که باکتری‌ها از قندها به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند، عدد فرمالین کاهش می‌یابد و با کاهش مصرف قندها و مصرف بالاتر اسیدهای آمینه، عدد فرمالین افزایش نشان می‌دهد. Khakbaz Heshmati و Khoshghadam (۲۰۱۷) نیز بیان کردند که غنی‌سازی نوشیدنی ترکیبی آلبالو و انگور قرمز با فیبر رژیمی اینولین به‌عنوان محصولی پری‌بیوتیک، اثر قابل توجهی بر میزان عدد فرمالین نوشیدنی‌های تولیدی نداشت (Khakbaz Heshmati & Khoshghadam, 2017).

کدورت

نتایج حاصل از بررسی کدورت نوشیدنی‌های سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال- هویج حاوی فرم‌های مختلف عصاره ریشه باباآدم نشان داد (جدول ۸) که کمترین میزان کدورت مربوط به نمونه شاهد بود و

افزایش غلظت فرم آزاد و میکرو و نانوکپسول های عصاره در نوشیدنی‌ها منجر به افزایش معنی‌دار میزان کدورت گردید (p<۰/۰۵). بیشترین کدورت در نوشیدنی حاوی ۱ درصد میکروکپسول تهیه شده با صمغ عربی به‌دست آمد. در کلیه تیمارها از روز اول تا روز سی‌ام انبار مانی، میزان کدورت افزایش یافت به‌طوری‌که در پایان دوره نگهداری بیشترین میزان کدورت مربوط به نوشیدنی‌های حاوی ۱ درصد میکروکپسول صمغ عربی بود (۱/۵۷۱ NTU) و نوشیدنی حاوی ۱ درصد نانوکپسول صمغ عربی (۱/۵۶۰ NTU) پس از آن قرار داشت که نسبت به نمونه شاهد (۱/۳۵۴ NTU) این اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). کدورت، غلظت ذرات پراکنده شده در یک محلول را توسط اندازه‌گیری خصوصیات به دام‌اندازی نوری آن، نشان می‌دهد (Vaillant et al., 2008). از این‌رو، استفاده از عصاره ریشه باباآدم و صمغ عربی و مالتودکسترین به‌عنوان عوامل پوشش‌دهی کپسول‌ها توانسته با افزایش غلظت ذرات پراکنده در نوشیدنی، کدورت را افزایش دهد. افزایش کدورت طی زمان نیز احتمالاً به دلیل رسوب بخشی از ذرات موجود در نوشیدنی‌ها طی دوره انبارمانی می‌باشد. در تحقیقاتی مشابه Pereira و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش کدورت در نوشیدنی‌های آب سیب پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی* طی دوره نگهداری در یخچال را گزارش کردند (Pereira et al., 2011). همچنین Khakbaz Heshmati و Khoshghadam (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر غنی‌سازی با اینولین بر خواص کیفی نوشیدنی ترکیبی آب آلبالو و انگور قرمز مشاهده کردند که افزودن اینولین به نوشیدنی موجب افزایش کدورت گردید، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت (Khakbaz Heshmati & Khoshghadam, 2017). این نتایج با مشاهدات Santos و همکاران (۲۰۱۹) نیز مطابقت دارد بطوریکه این محققان نشان دادند که در آب نیشکر غنی‌سازی شده با *لاکتوباسیلوس کازئی* و پری‌بیوتیک‌ها، طی دوره نگهداری ۲۸ روزه در ابتدا کدورت به طور معنی‌داری کاهش یافت و سپس مجدداً افزایش پیدا کرد (Santos et al., 2019). Arilla و همکاران (۲۰۲۰) نیز مشاهده کردند که افزودن مالتودکسترین به آب پرتقال موجب افزایش کدورت نوشیدنی‌های تولیدی گردید (Arilla et al., 2020).

جدول ۸- مقایسه مقادیر کدورت (NTU) تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 8- Comparison of the turbidity values (NTU) of different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

زمان نگهداری (روز) Storage time (Day)				
30	**20**	**10**	**1**	
1.35± 0.00 ^{A,j}	1.28± 0.01 ^{B,g}	1.22 ±0.01 ^{C,g}	1.14 ±0.01 ^{D,h}	**Ctrl**
1.37± 0.00 ^{A,i}	1.29 ±0.01 ^{B,g}	1.24 ±0.01 ^{C,g}	1.16 ±0.01 ^{D,g}	**T1**
1.42 ±0.00 ^{A,h}	1.33± 0.00 ^{B,f}	1.27 ±0.01 ^{C,f}	1.95 ±0.00 ^{D,f}	**T2**
1.46 ±0.00 ^{A,f}	1.34 ±0.00 ^{B,de}	1.31± 0.00 ^{C,e}	1.26 ±0.01 ^{D,cd}	**T3**
1.55 ±0.01 ^{A,c}	1.46± 0.00 ^{B,b}	1.40± 0.00 ^{C,b}	1.31 ±0.00 ^{D,b}	**T4**
1.47 ±0.00 ^{A,e}	1.37 ±0.00 ^{B,d}	1.33 ±0.00 ^{C,d}	1.27 ±0.01 ^{D,c}	**T5**
1.57± 0.01 ^{A,a}	1.48 ±0.01 ^{B,a}	1.42± 0.00 ^{C,a}	1.32 ±0.00 ^{D,a}	**T6**
1.45 ±0.00 ^{A,g}	1.36 ±0.00 ^{B,e}	1.31± 0.01 ^{C,e}	1.23 ±0.00 ^{D,e}	**T7**
1.51± 0.00 ^{A,d}	1.42 ±0.00 ^{B,c}	1.37 ±0.01 ^{C,c}	1.26 ±0.01 ^{D,cd}	**T8**
1.47± 0.00 ^{A,e}	1.36 ±0.00 ^{B,e}	1.31 ±0.00 ^{C,e}	1.25± 0.01 ^{D,d}	**T9**
1.56± 0.00 ^{A,b}	1.47± 0.00 ^{B,b}	1.40 ±0.00 ^{C,b}	1.32 ±0.01 ^{D,a}	**T10**

*حروف لاتین بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تغییرات هر تیمار طی زمان).

*حروف لاتین کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تیمارها در هر زمان ثابت).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک آب پرتقال- هویج به صورت IC50 اندازه‌گیری شد و نتایج آن نشان داد که طی دوره نگهداری ۳۰ روزه در دمای یخچال، به دلیل کاهش محتوای ترکیبات فنولی، مقادیر IC50 تیمارهای مختلف نوشیدنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که به معنی کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (جدول ۹). همانطوری که انتظار می‌رفت، بیشترین میزان IC50 و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه شاهد مشاهده شد و افزایش سطوح فرم آزاد و میکرو و نانوکپسول‌های عصاره در نوشیدنی‌ها، به دلیل افزایش غلظت ترکیبات زیست‌فعال به‌ویژه پلی‌فنول ها، موجب کاهش معنی‌دار مقادیر IC50 و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردید (p<۰/۰۵). به‌طور کلی بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نوشیدنی حاوی ۱ درصد نانوکپسول تهیه شده با صمغ عربی به‌دست آمد، که به بالاتر بودن محتوای فنول کل

این تیمار برمی‌گردد. همچنین طبق نتایج، در تیمارهای حاوی نانو و میکروکپسول‌های عصاره ریشه باباآدم، افزایش IC50 (افت ترکیبات فنولی) طی زمان کمتر از تیمارهای حاوی فرم آزاد عصـــاره و نمونه کنترل بود، که این موضـــوع به نقش محافظت‌کنندگی کپســـول‌ها و رهایش تدریجی ترکیبات فنولی از کپســـول‌ها به داخل نوشـــیدنی و اکسایش دیرتر آن‌ها برمی‌گردد.

جدول ۹- مقایسه مقادیر IC50 (mg/ml) تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 9- Comparison of the IC50 values (mg/ml) of different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

زمان نگهداری (روز) Storage time (Day)				
30	**20**	**10**	**1**	
30.78± 0.41 ^{A,a}	23.91± 0.15 ^{B,a}	20.53± 0.34 ^{C,a}	14.11 ±0.02 ^{D,a}	**Ctrl**
21.95± 0.09 ^{A,b}	16.11 ±0.01 ^{B,c}	13.99± 0.16 ^{C,c}	10.26± 0.05 ^{D,e}	**T1**
10.55± 0.01 ^{A,f}	8.63 ±0.06 ^{B,g}	7.51 ±0.01 ^{C,g}	5.40 ±0.01 ^{D,j}	**T2**
18.75 ±0.16 ^{A,c}	16.45± 0.27 ^{B,b}	15.01± 0.07 ^{C,b}	14.01 ±0.06 ^{D,b}	**T3**
9.20± 0.11 ^{A,g}	8.29 ±0.05 ^{B,h}	7.51± 0.18 ^{C,g}	7.38 ±0.04 ^{C,g}	**T4**
15.07 ±0.51 ^{A,d}	14.36 ±0.01 ^{B,d}	12.88 ±0.12 ^{C,d}	12.37 ±0.09 ^{D,c}	**T5**
7.89± 0.49 ^{A,h}	7.30 ±0.14 ^{A,i}	6.60± 0.01 ^{B,h}	6.27 ±0.00 ^{C,h}	**T6**
15.43 ±0.49 ^{A,d}	13.55 ±0.30 ^{B,e}	12.23± 0.10 ^{C,e}	11.48 ±0.01 ^{D,d}	**T7**
7.91 ±0.20 ^{A,h}	7.10 ±0.05 ^{B,j}	6.43 ±0.07 ^{C,i}	6.03± 0.07 ^{D,i}	**T8**
13.36 ±0.12 ^{A,e}	12.51± 0.02 ^{B,f}	11.30 ±0.16 ^{C,f}	10.12± 0.01 ^{D,f}	**T9**
6.67 ±0.39 ^{A,i}	6.38± 0.08 ^{A,k}	5.83± 0.01 ^{B,j}	5.42± 0.03 ^{C,j}	**T10**

*حروف لاتین بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تغییرات هر تیمار طی زمان).

*حروف لاتین کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد (مقایسه تیمارها در هر زمان ثابت).

از آنجایی که آب پرتقال و آب هویج حاوی ترکیبات زیســـت‌فعال نظیر پلی‌فنول‌ها و کاروتنوئیدها هســـتند، فعالیت آنتی‌اکســـیدانی قابل توجهی از خود نشـــان می‌دهند (Raiesi et al., 2013). همچنین عصاره ریشه باباآدم نیز حاوی ترکیبات فنولی مختلف نظیر اسیدهای کافئیک، کلروژنیک، ایزوکلروژنیک و مشـــتقات دی‌کافئیل کوئینیک و غیره می باشـــد (Ghedira & Goetz, 2013). از این رو، فعالیت آنتی‌اکســـیدانی قابل توجه نوشـــیدنی‌های بر پایه آب پرتقال- هویج حاوی عصاره ریشه باباآدم دور از انتظار نبود. در همین راستا Khezri و همکاران (۲۰۱۸) نشـــان دادند که در نوشـــیدنی های آب انجیر ســـین‌بیوتیک حاوی اینولین، مقادیر ترکیبات فنولی طی دوره تخمیر بالاتر از نوشیدنی‌های پروبیوتیک بوده و از این رو، فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد بالاتری داشـــتند (Khezri et al., 2018). در این نوشیدنی‌ها مطابق با نتایج پژوهش حاضر طی دوره نگهداری محتوای فنول کل کاهش و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش یافت، ولی فعالیت آنتی‌اکســـیدانی در نوشـــیدنی حاوی اینولین طی کلیه زمان‌های مورد مطالعه بالاتر از نوشـــیدنی پروبیوتیک فاقد اینولین بود. محققین همچنین اظهار داشـــتند که باکتری های پروبیوتیک فعالیت آنتی‌اکســـیدانی از خود نشـــان می‌دهند. Pereira و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در نوشیدنی‌های آب سیب حاوی باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسـیلوس کازئی*، میزان فعالیت آنتی‌اکسـیدانی به‌طور معنی‌داری بالاتر از نوشیدنی غیرپروبیوتیک بود. همچنین در طی زمان نگهداری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت، در این تحقیق، رابطه مثبتی بین محتوای ترکیبات پلی‌فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نوشیدنی آب ســیب مشـــاهده گردید که با نتایج تحقیق حاضـــر همخوانی دارد (Pereira et al., 2011). بر طبق تحقیقات صورت گرفته بر روی آب انار توسط Mousavi و همکاران (۲۰۱۳)، تخمیر اسید لاکتیک به‌طور معنی‌داری موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکســـیدانی آب‌میوه گردید، به‌طوری که فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH آب انار شـــاهد ۵۷ درصد بود و در نوشیدنی‌های تخمیر شده با *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* به‌ترتیب به ۷۲ درصد و ۸۹ درصد افزایش یافت (Mousavi et al., 2013).

ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های ارگانولپتیکی یا حسـی، به‌عنوان یکی از مشـخصـات مهم محصـــولات پروبیوتیـک مورد توجـه بوده و برای پـذیرش مصـرف‌کننده در اولویت قرار دارند (Daneshi et al., 2013). در این تحقیق، ویژگی های حســـی (رنگ، طعم و مزه، بو و پذیرش کلی) نوشـیدنی‌های سـین‌بیوتیک برپایه آب پرتقال- هویج حاوی فرم‌های مختلف عصـــاره ریشـــه باباآدم طی دوره نگهداری ۳۰ روزه در دمای یخچال بر طبق آزمون ۹ نقطه‌ای هدونیک مورد بررســـی قرار گرفت

که نتایج آن به‌صورت پذیرش کلی در جدول ۱۰ آورده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که افزودن فرم‌های مختلف عصاره به فرمولاسیون نوشیدنی، تأثیر نامطلوبی بر طعم و بوی نمونه‌های تولیدی نداشت. همچنین افزودن عصاره آزاد و میکرو و نانوکپسول‌های تهیه شده با مالتودکسترین تأثیر نامطلوبی بر رنگ و پذیرش کلی نوشیدنی ها نداشتند، ولی با افزودن میکرو و نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی، امتیاز رنگ و پذیرش کلی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$). در اکثر تیمارها طی دوره نگهداری، به تدریج ویژگی‌های حسی کاهش پیدا کردند با این حال، کلیه تیمارها در تمامی روزهای مورد مطالعه در این تحقیق، امتیاز متوسط به بالا (۴/۵<) کسب کرده و قابل پذیرش بودند، ولی همانطور که مشاهده می شود بالاترین پذیرش حسی در روز آخر انبارمانی مربوط به نوشیدنی‌های حاوی فرم‌های میکرو و نانوکپسول تهیه شده با مالتودکسترین بود (امتیاز ۸/۳ -۸). نمونه‌های حاوی عصاره آزاد (امتیاز ۷/۷ -۷/۵) نیز دارای پذیرش کلی بالاتری نسبت به شاهد (امتیاز ۷) بودند، این در حالی بود که کمترین امتیاز پذیرش کلی در بین همه نمونه‌های تولید شده متعلق به تیمارهای حاوی ۰/۵ و ۱ در صد میکرو و نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی (امتیاز ۶/۷- ۶) بود که البته از نظر آماری با نمونه شاهد در یک سطح بودند ($p>0.05$). دلیل کاهش امتیاز رنگ و در نتیجه پذیرش کلی تیمارهای تولید شده با صمغ عربی احتمالاً رنگ تیره پودر آن است، در حالی که مالتودکسترین یک پودر سفید است که با هیدرولیز جزئی نشاسته گیاهی به‌دست می‌آید و تاثیر منفی بر رنگ نوشیدنی‌ها ندارد.

در مطالعاتی مشابه Khezri و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی غنی‌سازی آب انجیر با اینولین و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* گزارش کردند که افزودن پری‌بیوتیک اینولین به نوشیدنی پروبیوتیک، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی نوشیدنی آب انجیر شامل رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی نداشت (Khezri et al., 2018). White و Hekmat (۲۰۱۸) نیز مشاهده کردند که افزودن اینولین به آب میوه‌های پروبیوتیک سیب، پرتقال و انگور اثر معنی‌داری بر پذیرش حسی نوشیدنی‌های تولیدی نداشت (White & Hekmat, 2018). در حالیکه Daneshi و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی ویژگی‌های حسی نوشیدنی مخلوط شیر- آب هویج پروبیوتیک، کاهش امتیازات حسی نوشیدنی‌ها طی دوره نگهداری را گزارش کردند (Daneshi et al., 2013).

جدول ۱۰- مقایسه امتیازات پذیرش کلی تیمارهای مختلف نوشیدنی سین‌بیوتیک بر پایه آب پرتقال-هویج طی دوره نگهداری

Table 10- Comparison of the overall acceptance scores of different symbiotic beverage treatments based on orange-carrot juice during storage period

زمان نگهداری (روز) Storage time (Day)				
30	**20**	**10**	**1**	
7.00± 0.00^{i}	7.70± 0.11^{g}	8.20± 0.23^{def}	8.80± 0.21^{ab}	**Ctrl**
7.50± 0.09^{gh}	8.10± 0.19^{ef}	8.30± 0.19^{cde}	8.60± 0.25^{abcd}	**T1**
7.70± 0.21^{g}	8.10± 0.25^{ef}	8.20± 0.12^{de}	8.40± 0.22^{bcde}	**T2**
8.00± 0.21^{f}	8.30± 0.07^{cde}	8.70± 0.14^{abc}	8.90± 0.16^{a}	**T3**
8.30± 0.14^{cde}	8.30± 0.05^{cde}	8.70± 0.21^{abc}	8.80± 0.18^{ab}	**T4**
7.00± 0.16^{i}	6.90± 0.16^{i}	7.00± 0.05^{i}	7.00± 0.08^{i}	**T5**
6.80± 0.11^{i}	6.90± 0.21^{i}	6.90± 0.12^{i}	7.00± 0.10^{i}	**T6**
8.10± 0.18^{ef}	8.40± 0.12^{bcde}	8.80± 0.08^{ab}	9.80± 0.15^{a}	**T7**
8.20± 0.10^{def}	8.50± 0.09^{bcde}	8.80± 0.06^{ab}	8.80± 0.15^{ab}	**T8**
6.90± 0.08^{i}	6.90± 0.16^{i}	7.00± 0.22^{i}	7.10± 0.11^{hi}	**T9**
6.90± 0.15^{i}	6.80± 0.21^{i}	6.80± 0.16^{i}	7.00± 0.09^{i}	**T10**

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ابتدا ریزپوشانی عصاره ریشه باباآدم با دو روش خشک کردن پاششی (میکروکپسولاسیون) و خشک کردن انجمادی (نانوکپسولاسیون) و استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی به‌عنوان عوامل پوشش‌دهنده دیواره کپسول انجام شد. سپس تأثیر عصاره‌های کپسوله شده به اشکال مختلف (آزاد/ میکرو/ نانو) بر خواص آنتی‌اکسیدانی و حسی نوشیدنی پرتقال- هویج حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز و شناسایی ترکیبات کربوهیدراتی عصاره نشان داد محتوای کل پلی‌فروکتوزهای عصاره برابر 12/9 ±0/88 g/100g DW اندازه‌گیری شد که حدود ۷۵ درصد آن (9/75 ±0/65 g/100g DW) شامل اینولین می‌باشد. فروکتوالیگوساکاریدهای Nystose و 1-Kestose که ترکیبات تجزیه شده حاصل از فروکتان‌ها هستند نیز به‌ترتیب به میزان 0/88 ±0/18 و 0/53 ±0/08 g/100g DW شناسایی شدند. نتایج

مرحله ریز پوشانی نشان داد بالاترین بازده کپسولاسیون و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی به‌دست آمد. تصاویر SEM نیز نشان داد کپسول‌های تولیدی از لحاظ ریزساختار، اکثراً دارای گوشه و صفحه‌ای مانند بودند و شکل منظمی نداشتند. نتایج مرحله غنی‌سازی آبمیوه پرتقال- هویج هم نشان داد با افزودن فرم‌های مختلف عصاره ریشه باباآدم، عدد فرمالین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قابلیت زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، کدورت و ویسکوزیته نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. به‌طور کلی، عصاره‌های کپسوله شده تأثیر بالاتری نسبت به فرم آزاد عصاره بر حفظ کیفیت و خواص عملگرایی نوشیدنی‌های سین‌بیوتیک تولیدی داشتند، به‌طوری که تأثیر نانوکپسول‌های عصاره تهیه شده با صمغ عربی بر افزایش قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و افزایش محتوای فنول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نوشیدنی بالاتر از سایر فرم‌های عصاره بود. با این حال، افزودن کپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی موجب تیره‌تر شدن رنگ نوشیدنی‌های تولیدی و در نتیجه کاهش پذیرش کلی گردید. با این وجود، کلیه تیمارهای نوشیدنی در تمامی روزهای مورد مطالعه از لحاظ ویژگی‌های حسی امتیاز قابل قبولی کسب کرده و قابل پذیرش بودند. همچنین در کلیه تیمارهای نوشیدنی سین‌بیوتیک تولیدی در این تحقیق، تا روز آخر انبارمانی در دمای یخچال، تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در حد استاندارد تعیین شده برای محصولات پروبیوتیک بود. بنابراین با توجه به نتایج ارزیابی دستگاهی و حسی، نانوکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی (T10) به‌عنوان تیمار مطلوب انتخاب شده و تولید و استفاده آن برای پایداری ترکیبات حساس عصاره‌های گیاهی به‌منظور افزایش خواص سلامتی بخش توصیه می‌شود.

منابع

1. Akdeniz, B., Sumnu, G. & Sahin, S. (2017). The Effects of Maltodextrin and Gum Arabic on Encapsulation of Onion Skin Phenolic Compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 57: 1891-1896.
2. Akhavan Mahdavi, S., Jafari, S.M., Assadpoor, E. & Dehnad, D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85: 379-385. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011
3. Arilla, E., Igual, M., Martínez-Monzó, J., Codoñer-Franch, P. & García-Segovia, P. (2020). Impact of Resistant Maltodextrin Addition on the Physico-Chemical Properties in Pasteurised Orange Juice. *Foods*, 9(12): 1832-1843. https://doi.org/10.3390/foods9121832
4. Badfarsa, H. & Ahmadzadeh Ghavidel, R. (2017). The effect of encapsulation process using frozen dryer on the physicochemical and ontioxidant properties of *Heracleum Persicum* essential oil. *Iranian Jornal of Innovation in Food Science and Technology*, 10(2): 123-136.
5. Bagaoutdinova, I., Fedoseyeva, P. & Okoneshnikova, F. (2001). Fructose-containing carbohydrates in plants of different families. Localization and content," Chem. Comp. Sim. Butlerov Comm, vol.2 pp. 13–16.
6. Ballesteros, L.F., Ramirez, M.J., Orrego, C.E., Teixeira, J.A. & Mussatto, S.I. (2017). Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry*, 237: 623-631. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.142
7. Bruno, R.G.S., Rutigliano, H.M., Cerri, R.L., Robinson, P.H. & Santos, J.E.P. (2009). Effect of feeding Saccharomyces Cerevisiae on performance of dairy cows during summer heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 150: 175-186. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.09.001
8. Burin, V.M., Rossa, P.N., Ferreira-Lima, N.E., Hillmann, M.C.R. & Boirdignon-Luiz, M.T. (2011). Anthocyanins: optimisation of extraction from *Cabernet Sauvignon* grapes, microencapsulation and stability in soft drink. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(1): 186-193.
9. Cao, T.L., Yang, S.Y. & Song, K.B. (2018). Development of burdock root inulin/chitosan blend films containing oregano and thyme essential oils," Int. J. Mol. Sci, 19 (1); 131-143. https://doi.org/10.3390/ijms19010131
10. Cheraghali, F., mirmoghtadaie, L., Shojaee-aliabadi, S. & Hosseini, S.M. (2016). A Comprative Study of Antimicrobial and Antioxidant Properties of Walnut Green Husk Aqueous Extract before and after Microencapsulation. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 11(2): 113-124.
11. Daneshi, M., Ehsani, M.R., Razavi, S.H. & Labbafi, M. (2013). Effect of refrigerated storage on the probiotic survival and sensory properties of milk/carrot juice mix drink. *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(5): 1-12.
12. Esmaeili F., Hashemiravan M., Eshaghi M. R., Gandomi H. (2021). Optimization of aqueous extraction conditions of inulin from the *Arctium lappa L.* roots using ultrasonic irradiation frequency. *Journal of food quality*, https://doi.org/10.1155/2021/5520996.
13. Fernandes, R.V., Borges, S.V., Botrel, D.A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydr. Polym.*, *101*, 524-532. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083

14. Ghedira, K. & Goetz, P. (2013). *Arctium lappa* L. (*Asteraceae*): Bardane. *Phytothérapie*, 11: 376-380. https://doi.org/10.1007/s10298-013-0827-1
15. Gibson, G.R., Beahy, E.R., Wang, X. & Cunmings, J.H. (1995). Selective Stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *American Gastroent Assocition*, 108: 975-982. https://doi.org/10.1016/0016-5085(95)90192-2
16. Gilles, K.K., K.T. Vinod, L.M. Christopher, A. Tarab, S.B. Mark, M.G. Netkal and J.T. Ronald, (2012). Nano-microencapsulation and controlled release of linoleic acid in biopolymer matrices: Effects of the physical state, water activity and quercetin on oxidative stability. *J. Encapsulation Adsorption Sc*i, 2, 1-10.
17. Haghshenas B, Nami Y, Abdullah N and Yari Khosroshahi A, (2015). Anticancer impacts of potentially probiotic acetic acid bacteria isolated from traditional dairy microbiota. *LWT - Food Science and Technology*, 60: 690–697. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.058
18. Hosseini, M.Y., Rezazadbari, M. & Alizade, M. (2016). Production of synbiotic juice: study on the effect pH, Brix, Formalin index and Rheological. *FSCT*, 14(63): 73-81.
19. Hosseinnia, M., Alizadeh Khaledabad, M. & Almasi, H. (2017). Optimization of *Ziziphora clinopodiodes* essential oil microencapsulation by whey protein isolate and pectin: A comparative study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101: 958-966. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.190
20. Huang, J. & Yang, L. (2011). Microencapsulation of anthocyanin from fruits of *Berberis kaschgarica Rupr*. *Food Science*, 32(16): 16-21.
21. ISIRI. (2007). Fruit juices– Test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. NO. 2685. 1st.revision.
22. Jia, Z., Dumont, M.J. & Orsat, V. (2016). Encapsulation of phenolic compounds present in plants using protein matrices. *Food Bioscience*, 15: 87-104. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.05.007
23. Junior, T., Kuhn, F., Padilha, P.J.M and Vicente, L.R.M. (2018). Microencapsulation of essential thyme oil by spray drying and its antimicrobial evaluation against Vibrio alginolyticus and Vibrio parahaemolyticus. *Brazilian Journal of Biology*, 78 (2): 311-317. https://doi.org/10.1590/1519-6984.08716
24. Khakbaz Heshmati, M. & Khoshghadam, H. (2017). The investigation of rheological and physicochemical characteristics of new formulation of juice produced by combination of sour cherry and red grape, fortified with inulin dietary fibre as a prebiotic product. *Journal of Food Research*, 27(4): 121-134.
25. Khezri, S., Mahmoudi, R. & Dehghan, P. (2018). Fig juice fortified with inulin and *Lactobacillus Delbrueckii*: a promising functional food. *Applied Food Biotechnology*, 5(2): 97-106.
26. Lacroix, C. & Yildirim, S. (2007). Fermentation technologies for the production of probiotics with high viability and functionality. *Currently Opinion Biotechnology*, 18(2): 176-183. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2007.02.002
27. Le, T.H., Tran, T.M.V., Ton, N.M.N., Tran, T.T.T., Huynh, T.V., Nguyen, T.N., Quang, S.P. & Le, V.V.M. (2017). Combination of whey protein and carbohydrate for microencapsulation of pumpkin (*Cucurbita* spp.) seed oil by spray-drying. *International Food Research Journal*, 24(3): 1227-1232.
28. Lebeka, V.R., Wee, Y.J., Narala, V.R. & Joshi, V.K. (2018). Chapter 2: Development of New Probiotic Foods-A Case Study on Probiotic Juices. *Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods*. PP: 54-77. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814625-5.00004-2
29. Loksuwan, J. (2007). Characteristics of microencapsulated β-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids*, 21: 928-935. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.10.011
30. Mahmoud, K. F., Ibrahim, M. A., Mervat, E. D., Shaaban, H. A., Kamil, M. M. & Hegazy, N. A. (2016). Nano-encapsulation efficiency of lemon and orange peels extracts on cake shelf life. *American Journal of Food Technology*, 11(3): 63-75.
31. Milani, E., Koocheki, A., Golimovahhed, Q. A. (2011). Extraction of inulin from Burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound. *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (8): 1699–1704.
32. Mousavi, Z.E., Mousavi, S.M., Razavi, S.H., Hadinejad, M., Emam-Djomeh, Z. & Mirzapour, M. (2013). Effect of fermentation of pomegranate juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the antioxidant activity and metabolism of sugars, organic acids and phenolic compounds. *Food Biotechnology*, 27(1): 1-13. https://doi.org/10.1080/08905436.2012.724037
33. Naga Sivudu, S., Ramesh, B., Umamahesh, K. & Vijaya Sarathi Reddy, O. (2016). Probiotication of Tomato and Carrot Juices for Shelf-life Enhancement using Micro-encapsulation. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 6(2): 13-22.
34. Papoutsis, K., Golding, J. B., Vuong, Q., Pristijono, P., Stathopoulos, C. E., Scarlett, C. J. & Bowyer, M. (2018). Encapsulation of citrus by-product extracts by spray-drying and freeze-drying using combinations of maltodextrin with soybean protein and ι-Carrageenan. *Foods*, 7(7): 115-126. https://doi.org/10.3390/foods7070115

35. Pereira, A.L.F., Maciel, T.C. & Rodrigues, S. (2011). Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*. *Food Research International*, 44(5): 1276-1283. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.035
36. Petkova, N., Ivanov, I., Mihaylova, D., Lante, A. (2020). Effect of pressure liquid extraction and ultrasonic irradiation frequency on inulin, phenolic content and antioxidant activity in burdock (*Arctium lappa L.*) roots. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 19(3), 125–133.
37. Pimentel, T.C., Madrona, G.S., Garcia, S. & Prudencio, S.H. (2015). Probiotic viability, physicochemical characteristics and acceptability during refrigerated storage of clarified apple juice supplemented with *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* and oligofructose in different package type. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1): 415-422. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.009
38. Rafigh, S., Sharma, V., Nazir, A., Rashid, R., Sa, S. & Ahmad Nayik, G. (2016). Development of probiotic carrot juice. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 6(4): 534-540.
39. Raiesi, F., Hojjatoleslamy, M., Razavi, S.H., Zahedi, M. & Memarzadeh, S.M. (2013). Investigation of rheological properties of enriched orange drink using rice bran extract. *FSCT*, 10(40): 117-128.
40. Rakmai, J., Cheirsilp, B., Cid, A., Torrado-Agrasar, A., Mejuto, J. C., & Simal-Gandara, J. (2018). Encapsulation of Essential Oils by Cyclodextrins: Characterization and Evaluation. Cyclo: A Ver. Ing., pp 263.
41. Rossman, J.M. (2009). Commercial manufacture of edible films. In *Edible films and coatings for food applications* (pp. 367-390). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_14
42. Samsam Shariat, H. (2005). Collection of medicinal herbs. Esfahan: Mani Publications; p. 43.
43. Santos, M.A., Costa, G.M., Dias, S.S., Klososki, S.J., Barão, C.E., Gomes, R.G. & Pimentel, T.C. (2019). Pasteurised sugarcane juice supplemented with Lactobacillus casei and prebiotics: physicochemical stability, sensory acceptance and probiotic survival. *International Food Research Journal*, 26(4): 1315-1325.
44. Sardarifar, I., Almasi, H. & Roufegarinezhad, L. (2019). Microencapsulation of zinc micronutrient by spray drying method and its application in apple juice fortification. *Journal of Food Research*, 29(2): 47-63.
45. Sharifi, A., Niakousari, M., Maskooki, A. & Mortazavi, S.A. (2015). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry *(berberis vulgaris)* extract powder. *International Food Research Journal*, 22(9): 2364-2370.
46. Sheehan, V., Ross, P. & Fitzgerald, G.F. (2007). Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices. *Innovation of Food Science, Emergency and Technology*, 8: 284-279. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.01.007
47. Shoaib M., Shehzad A., Omar M., Rakha A., Raza H., Sharif H. R., Shakeel A., Ansari A. & Niazi S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers* 147; 444–454. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020
48. Souri, A., Mirzaei, M. & Mirdamadi, S. (2019). The effect of green leaf tea extract on probiotic bacterial viabily in watermelon juice. *JFST*, 85(15): 73-86.
49. Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J. & Solans, C. (2004). Formation and stability of nano-emulsions. *Adv Colloid Interface Sci*; 108-109:303-18. https://doi.org/10.1016/j.cis.2003.10.023
50. Tewari S., Ramalakshmi K., Methre L., Rao L. J. M. 2015. Microwave-Assisted Extraction of Inulin from Chicory Roots Using Response Surface Methodology, *J Nutr Food Sci* 2015, 5 (1); 1-6.
51. Tonon, R.V., Brabet, C. & Hubinger, M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*euterpe oleraceae* mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88(3): 411-418. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029
52. Vaillant, F., Pérez, A.M., Acosta, O. & Dornier, M. (2008). Turbidity of pulpy fruit juice: A key factor for predicting cross-flow microfiltration performance. *Journal of Membrane Science*, 325: 404-412. https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.08.003
53. Wegerif M C. A., Hebinck P. 2016. The Symbiotic Food System: An ‘Alternative’ Agri-Food System Already Working at Scale. *Agriculture*, 6, (40); 1-25. https://doi.org/10.3390/agriculture6030040
54. White, J. & Hekmat, S. (2018). Development of probiotic fruit juices using *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 fortified with short chain and long chain inulin fiber. *Fermentation*, 4: 27-38. https://doi.org/10.3390/fermentation4020027
55. Wu King-Chuen., Weng Hung-Kai., Hsu Yun-Shang., Huang Pin-Jia., Wang Yang-Kao. (2020). Aqueous extract of Arctium lappa L. root (burdock) enhances chondrogenesis in human bone marrow-derived mesenchymal stem cells. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20; 364. https://doi.org/10.1186/s12906-020-03158-1
56. Yang, L., Yin, P., Hang, F., Xue, Q., Li, K., Li, X., Sun, L. & Liu, Y. (2017). Optimization of ultrasonic-assisted extraction by response surface methodology with maximal phenolic yield and antioxidant activity from *Acer truncatum* leaves. *Peer-reviewed version available at Molecules*, 22: 232-251.
57. Yeo, S.K. & Liong, M.T. (2010). Effect of prebiotics on viability and growth characteristics of probiotics in soymilk. *Journal of Science Food and Agriculture*, 90(2): 267-275. https://doi.org/10.1002/jsfa.3808

58. Yoon, K.Y., Woodams, E.E. & Hang, Y.D. (2005). Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria. *LWT-Food Science and Technology*, 38(1):73-5. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.04.008
59. Zahrani, K., Imansari, F., Utami, T.S. & Arbianti, R. (2016). Release profile of *Andrographis paniculata* leaf extract Nano-capsule as α-Glucosidase inhibitors. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 214: 1-8. DOI:10.1088/1757-899X/214/1/012020
60. Zokti James, A., Baharin, B.S., Abdulkarim S. M. & Abas, F. (2016). Microencapsulation of green tea extracts and its effects on the physicochemical and functional properties of mango drinks. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 16(02): 16-32.